JAHRGANG 65. 1915. HEFT 4 BIS 6.

Die Portale der Reichsversammlungshalle Theoderichs des Großen in Ravenna.

Vom Königl. Baurat Friedrich Prieß in Koblenz.

(Mit Abbildungen auf Blatt 8 bis 12 im Atlas.)

(Schluß.)

Auch beim äußeren Bogen ist die Verzierung aus einzelnen Platten zusammengefügt, und an der Bogenkante und Umrahmung zeigt sich wieder der Kerbstab (vgl. Abb. 2 Bl. 8 und Bl. 11 u. 12). Bevor wir uns nun den einzelnen bürgerlichen Beschäftigungen zuwenden, die auf der Unterseite dieses Bogens dargestellt sind, sei darauf hingewiesen, daß die Ostgoten auch vor ihrer Ankunft in Italien zum Teil schon in Städten wohnten. Jornandes berichtet, daß sie damals an der mittleren Donau ein Land bewohnten, welches er sein Vaterland nennt (er war wohl dort geboren), und welches viele Städte aufwies, deren äußerste im Westen Vindobona oder Vindomina (Wien, Wieden?) und im Osten Syrmis, in der Nähe des heutigen Belgrad waren.[24]) Mancherlei Erlasse Theoderichs, die uns unter dem Namen Kassiodors, seines Kanzlers, erhalten sind, handeln von bürgerlichen Beschäftigungen. Wo Bürger in Städten zusammenwohnen, da muß es nun Mauer- und Zimmerleute, Schmiede, Schuhmacher, Verkäufer von Lebensmitteln usw. geben. Da müssen sich also etwa dieselben Berufsarten vorfinden, wie sie bei uns heutzutage vorhanden und wie sie uns aus Museen und Schriftstellern auch schon bei den alten Römern bekannt sind. Dieselben Berufsarten müssen daher auch in den Städten des Reiches Theoderichs vertreten gewesen sein.

Bei möglichst kurzer Betrachtung der verschiedenen dargestellten Berufsarten sei nun zunächst die unten links sitzende Figur (Abb. 1 Bl. 11), die nach einer Volkssage den Baumeister von S. Marco bezeichnen soll, fortgelassen.

In dem darüber befindlichen Bilde sind die Schiffbauer bei ihrem Gewerbe dargestellt. Ein Geselle ist mit dem Bohrer beschäftigt, zwei führen Hammer und eine Art Stemmeisen, sie scheinen das Boot zu dichten oder zu kalfatern. Ein Vierter bringt anscheinend die hierzu nötigen Werkstoffe in einem Korbe herbei. Es ist schon früher mehrfach darauf hingewiesen worden, daß Ravenna mit seinem Hafen Classis früher eine bedeutende Seestadt war. Erlasse Theoderichs über den Bau einer Kriegsflotte sind uns noch erhalten.

Darüber ist der Verkauf von Getränken, sei es Wein oder Met, geschildert. Ein älterer Mann zapft das Getränk aus einem Fasse ab, ein jüngerer trinkt, ein Dritter bietet seine Schale zum Füllen dar, während zwei Gehilfen einen Kübel mit neuem Getränk heranbringen.

Im folgenden Bild verkauft ein Bäcker Brot an eine jugendlich anmutige Frau, die vor ihm steht. Im Hintergrund bringen zwei Gehilfen neue Brote in Körben herbei.

Darüber (Abb. 1 Bl. 12) ist der Schlachter geschildert. Der Meister schlachtet ein Rind, ein Geselle bringt ein geschlachtetes Schaf heran, ein anderer zerteilt mit einem Beil das Fleisch.

Das folgende Bild spielt beim Milchhändler. Ein Mann gießt einer Frau Milch in ein Gefäß. Der Künstler zeigt hier wieder, daß er auch im engsten Rahmen Anmutiges schildern kann, wenn der Gegenstand sich dazu eignet, während bei den übrigen gewerblichen Schilderungen mehr Gewicht auf vollständige Kennzeichnung des betreffenden Handwerks gelegt ist. Die beiden Gehilfen auf dem Bilde des Milchhändlers scheinen, wie Robertson richtig bemerkt, Käse abzuschneiden und abzuwiegen. Die Milchkannen hat der Verkäufer in einem Korbe stehen.

Theoderich hatte für die Beaufsichtigung der Lebensmittelhändler besondere Beamte eingesetzt. Wie er vorschreibt, war es ihre Pflicht, die Bäckerläden und Speisewirtschaften aufzusuchen. Sie sollen auf volles Gewicht und Reinlichkeit beim Brot achten. Auch die Schweine-Händler oder Schlächter (suarii) sind ihrer Aufsicht unterstellt.[25])

Über diesem Bilde zeigen sich die Maurer. Ein bärtiger Mann arbeitet mit dem Maurerlot, ein Geselle mit Hammer und Kelle, ein Gehilfe trägt Baustoffe auf dem Rücken herbei, indem er eine Art Leiter hinaufsteigt.

Darüber folgt eine Marmorplatte, die sicher nachträglich eingeschoben ist. Zwei Engel halten eine runde Scheibe, auf der das mystische Lamm mit dem Kreuznimbus dargestellt ist. Der Gegenstand paßt in den vorliegenden Gedankenkreis gar nicht hinein. Auch unterbricht die ruhige, klare Linienführung dieser Platte die etwas wirre und überladene der anderen in auffallender Weise. Die schöne Arbeit und klare Anordnung dieser eingeschobenen Platte dürfte sie wohl in die beste Zeit der Renaissance setzen. Ein Sansovino oder Luca della Robbia würden sich ihrer nicht zu schämen haben.

Auf der anderen Seite dieser Platte schließt sich absteigend ein Bild aus der Schuhmacherwerkstatt (Abb. 2 Bl. 12) an. Ein Geselle arbeitet an einem Schuh, den er mit dem Knieriemen auf seinem Beine festhält, ein anderer hält in jeder Hand einen Schuhleisten und freut sich anscheinend über das vollendete Werk. Andere Schuhleisten liegen auf der Erde, an der Wand hängt ein besonderes Messer zum Lederschneiden. Der unmittelbar nebengelegene Flügel des einen Engels dürfte wieder beweisen, daß dieser ursprünglich nicht in eine solche Nachbarschaft gehört.

Im folgenden Bilde werden wir zum Bader geführt. Der Bader zieht mit einer großen Zange einem Patienten einen Zahn aus, indem er seinem Opfer mit dem Daumen

24) Jornandes cap. 50: ornata patria civitatibus plurimis, quarum prima Syrmis, extrema Vindomina (Vindobona).

25) Cass. Sen. Var. VI, 17. Formula praefecturae annonae ... per officinas pistorum cibosque discurris, pensum et munditiam panis exigis ... Suarii quoque tuo deputati videntur examini.

der linken Hand den Mund aufhält. Ein Gehilfe schneidet einem Manne die Haare oder bereitet dies durch Umlegung einer Binde um die Stirn vor, unter der er dann die Haare fortschneiden will. Der Mann sitzt mit aufgestemmten Armen da, und es ist ihm in üblicher Weise ein Tüchlein zur Schonung der Kleidung beim Haarschneiden umgelegt. Die hier geschilderte Haartracht, nach welcher die Haare über der Stirne nach einer geraden Linie abgeschnitten werden, im übrigen aber länger, teils bis zur Schulter herabfallen, zeigen die meisten Figuren an diesem sowie an dem Landbewohnerbogen mit Ausnahme des Kriegsmannes. An der Wand hängt die Haarschneideschere und das Barbierbecken.

Das folgende Bild zeigt einen Böttcher, indem er die Reifen über ein Faß treibt. Ein Gehilfe wartet, bis er wieder einen neuen Reifen umlegen kann, der andere bringt Reifen und Bindeweiden herbei. Scheffel faßt in seinem feuchtfröhlichen, jedoch mit vielen gelehrten Noten versehenen Gedichte über das große Faß zu Heidelberg, mit dem er die Versammlung deutscher Philologen daselbst 1865 begrüßte, die Wissenschaft über den Ursprung des hölzernen Fasses dahin zusammen, daß es eine germanische Erfindung sei:

„Das ächte Faß zeigt deutschen Schwung,
Es gingen die Germanen
Schon auf die Völkerwanderung
Mit Trinkglas, Faß und Hahnen.
Dietrich von Bern rief oftmals froh
Im Keller seines Schlosses:
Thata liube fat, thata mikilo.
Du liebes Faß, du großes!"

Nach den hier gegebenen Ausführungen schildert die Darstellung der Böttcher an San Marco, wie ein Faß, wenn nicht für Dietrich von Bern, so doch unter seiner Herrschaft hergestellt wird.

Auf dem folgenden Bilde scheint ein Mann mit einem besonders geformten Holzhammer Metall über einer Form zu treiben. Vielleicht ist es ein Klempner, der etwa einen Wasserspeier in kleinerer Form, wie die in Abb. 1 und 2 Bl. 11 sichtbaren von S. Marco ausarbeitet, vielleicht aber auch ein Panzermacher (Harnischfeger), der irgendwelche Rüstungsteile, z. B. Arm- oder Beinschienen treibt. Es gibt zwei an die Panzermacher (armifactores) gerichteten Erlasse Theoderichs des Großen[26]). Bei den Goten trugen auch schon die Pferde Rüstungen[27]), wenn wir uns diese auch gewiß nicht so vollständig vorzustellen haben, wie im späteren Mittelalter.

Darunter zeigt sich der Beruf der Holzsäger (Abb. 2 Bl. 11). Ein Balken liegt auf einem Gestell, ein Mann steht auf dem Balken und zieht die Säge nach oben, ein anderer, in einer Grube befindlich, zieht sie nach unten. Wenn man etwas derartiges auf so engem Raume darstellen will, so kann das natürlich nicht ganz glücken, ähnlich wie bei den Bootsbauern und den Maurern. In alten deutschen Städten gibt es zuweilen noch eine Holzsägerstraße, z. B. in Emden. Der eigentliche Zimmermannsberuf ist am Bogen nicht dargestellt und ist vielleicht durch die Mittelplatte mit dem Lamm ersetzt worden.

Bei den Schmieden hält der Meister mit einer Zange das heiße Eisen auf dem Amboß fest, und Meister sowie Lehrling schlagen wacker darauf los. Der Gesichtsausdruck des Lehrlings ist ausgezeichnet geraten.

Darunter machen die Fischer den Schluß. Der eine fängt Fische mit einer Schnur, an der Angelhaken befestigt sind, der andere mit einer vielzinkigen Fischgabel. Letztere Fangart ist heute verboten, wird aber in seichten moorigen Gewässern doch wohl noch hier und da von Unberechtigten ausgeübt.

Bei der Darstellung der Gewerbe fällt auf, daß die beiden Hauptgewerbe, denen die Venetianer schon von ältester Zeit her ihren Reichtum verdankten, in den Schilderungen nicht vertreten sind. Das ist zunächst das Gewerbe der Salzwirker. Die Venetianer gewannen Salz aus der Meeresflut durch Eintrocknen derselben am flachen Strande in seichten, von niedrigen Dämmen eingefaßten Becken, wie man dies heute noch in den Gegenden von Triest und Marseille sieht. Die andere wichtige Berufsart war die Herstellung von Tuchen und Geweben. Wenn beide Berufsarten hier fehlen, so ist das wiederum ein Zeichen, daß es sich nicht um eine Darstellung venetianischer Gewerbe handelt. Auch das Fehlen des Schneiderhandwerks deutet hierauf und auf die Entstehung in einer ganz frühen Zeit. Zu den einfachen Gewändern der Gotenzeit, wie sie in den Schilderungen des Landlebens und der Gewerbe von den Personen getragen werden, gebrauchte man keinen Schneider. Diese Gewande wurden wohl vielmehr von den Frauen im Hause hergestellt, und das Schneiderhandwerk war daher im Volke überhaupt nicht bekannt. Wenn im übrigen die Darstellungen der Gewerbe sich weniger von dem heutigen und dem ehemaligen venetianischen Gewerbsleben entfernen, wie die Bilder des Landlebens, so erklärt sich dies dadurch, daß die Gewerbe zu allen Zeiten in ähnlicher Weise arbeiteten.

Choisy führt aus[28]), daß man in Byzanz schon im sechsten Jahrhundert, ebenso wie heute in der Türkei, Arbeitsgenossenschaften (*συνεργασίαι*) gehabt habe, zu denen nur solche, die eine Lehrzeit und eine Prüfung durchgemacht hatten, als Meister (*μαΐστορες*) zugelassen wurden. Eine solche Genossenschaft hatte ihre jährlichen Feste, ihren Totendienst (un service pour les morts), d. h. wohl die sogen. Totenlade zur Bestreitung der Begräbniskosten, ihre Hilfskassen und Ehrenmitglieder (sa caisse de secours et ses membres honoraires), ihre Wanderregeln und ihre gastlichen Beziehungen (des relations hospitalières de confraternité) nach andern Städten hin, wo die auf Wanderschaft befindlichen Unterstützung bei den Handwerksgenossen fanden. Also alles wie es im späteren Mittelalter und noch bei uns zur Zeit des Innungswesens bis vor kurzem gehandhabt wurde und wie es leider zum Schaden des Handwerks und des ganzen Volkes im Laufe des vorigen Jahrhunderts beseitigt und durch Schlechteres ersetzt wurde. Theoderich bezeichnete, wie wir unten sehen werden, sein Reich als eine Nachahmung des byzantinischen. Schon auf diese Weise würde man sich daher erklären können, daß die Handwerker, die im byzantinischen Reiche nach Choisy gerade so arbeiteten wie bei uns, auch im Reiche Theoderichs in derselben Weise tätig und organisiert waren. Der wirkliche Grund dieser Übereinstimmung wird sich jedoch erst bei späterer Gelegenheit

26) Cass. Sen. Var. VII, 18. 19.

27) Procop, Gotenkrieg I, 6.

28) L'art de batir chez les Byzantins S. 174. 175.

ergeben, wenn der Ursprung der sogenannten byzantinischen Kunst, das Eindringen der Ostgermanen und der hochgebildeten Goten in das byzantinische Reich und deren Mitwirkung bei der Gründung von Konstantinopel behandelt werden wird. Die heutige Geschichts- und Kunstgeschichtsschreibung hat sich um diese von Jornandes[29]) berichteten Tatsachen bis dahin noch recht wenig gekümmert.

Doch kehren wir zu unsern Portalbögen von San Marco zurück, um auch nach der Art der an ihnen sich zeigenden Kunst nochmals festzustellen, daß sie nicht von den Venetianern gemacht sein können. Daß diese Bögen nicht in der Frühzeit der Venetianer entstanden sein können, beweist nämlich die ausgezeichnete Arbeit und die schöne und geschickte Darstellung; daß sie aber wiederum der späteren Zeit nicht angehören, beweist ihr Stil. Wenn die Arbeit in den Zeiten der Gotik oder der Renaissance gemacht worden wäre, so würde sich dies in den Stilformen auch deutlich zu erkennen geben.

Welchen Sinn würde außerdem die Darstellung aller Gewerbe an einem Kirchenportal gehabt haben und woher kämen die deutlichen Kennzeichen der nachträglichen Einfügung des gesamten Portales in die Kirchenfassade, die wir oben nachgewiesen haben?

Der Gote Jornandes berichtet von seinen Volksgenossen, daß sie von jeher alle Barbaren, d. h. also die Nichtgriechen und Nichtrömer, auf dem Gebiete der Wissenschaften übertroffen und es hierin fast den Griechen gleichgetan hätten[30]). Von der Freude an wissenschaftlichen Arbeiten berichtet er[31]): „Welch ein Genuß ist es, frage ich, die tapfersten Männer sich mit Wissenschaften beschäftigen zu sehen, wenn sie vom Waffenhandwerk nur einen Augenblick frei waren. Da hätte man die einen sehen können, die Himmelserscheinungen beobachten, die andern die Natur der Kräuter und der Fruchtbäume erforschen, diesen den günstigen oder ungünstigen Einfluß des Mondes, jenen die Wirkungen der Sonne ergründen.“ Die Wissenschaft, die sich damit beschäftigt, die Naturkräfte zu erforschen und sie im Dienste der Menschheit nutzbar zu machen, hieß damals wie heute die Mechanik. Theoderich, selbst ein Gelehrter im Purpur, wie sein Enkel Athalarich ihn nennt, schreibt, als er Sonnen- und Wasseruhren, erstere für den Tages-, letztere für den Nachtgebrauch, bei dem großen Gelehrten Boëtius bestellt, über diese Wissenschaft und ihre Leistungen[32]): „Sie läßt die aus der Tiefe aufsteigenden Wasser hoch herabfallen, sie läßt das Feuer mit Lasten beschwert dahineilen, sowie die Orgel von wunderbaren Stimmen erklingen und erfüllt die Rohre mit fremdem Hauche, so daß sie mit zarter Stimme die Süße des Gesanges ertönen lassen. Metalle brüllen, ein Diomedes in Erz trompetet gewaltig, eine eherne Schlange zischt, nachgeahmte Vogelbilder zwitschern, und was keine eigene Stimme hat, läßt lieblichen Gesang erschallen. Sie läßt eine zweite Sonne am Himmelsgewölbe des Archimedes dahinziehen, sie macht einen zweiten Tierkreis nach menschlichem Ratschluß und zeigt durch kunstvolle Beleuchtung, wie der Mond nach seiner Abnahme wieder zunimmt. Die Gestirne würden neidisch werden, wenn sie fühlen könnten, und aus ihren Bahnen lenken, damit sie nicht einem derartigen Spiele zur Grundlage dienten. Sie hängt einen eisernen Cupido ohne jede Befestigung im Tempel der Diana auf. Der Mechaniker ist, wenn man so sagen darf, fast ein Arbeitsgenosse der Natur. Fremde Völker werden nicht wagen, sich als uns gleich zu bezeichnen, von denen sie wissen, daß die Gelehrten solches bei ihnen erdacht haben.“ Also magnetische Erscheinungen und die Dampfkraft[33]) sind diesem Könige sogar auch schon bekannt. Man spürt den Hauch einer neuen Zeit, die bis heute andauert, in seinen Worten, und diese neue Zeit muß auch in einer neuen Kunst ihren Ausdruck finden, wie wir verschiedentlich oben schon andeuteten. Diese wird in ihrer Gesamtheit aber erst später zu behandeln sein.

Nach dem Vorstehenden werden wir nun an der Königshalle Theoderichs unter den Berufsschilderungen noch die Darstellung der in seinem Reiche so hochgeschätzten Gelehrten zu suchen haben. Wir dürften sie finden in den Figuren, welche die Außenseite des oberen Portalbogens schmücken (Abb. 2 Bl. 8). Diese Bogenseite ist sehr geschickt entworfen und mit dem größten Reichtum in kunstvoller, gänzlich unterhöhlter Arbeit ausgeführt. Es zeigen sich auf jeder Bogenhälfte wieder, ähnlich wie beim Amalerportal, je vier ganz hohl gearbeitete Zierknoten (vgl. auch Bl. 11 u. 12). Diese Zierknoten werden von einem Rankenzuge umschlungen, in dem teils stehende, teils liegende männliche Figuren, zwischen je zwei Knoten immer eine Figur, eingebettet sind. Die Figuren zeigen schöne, leicht und frei herabwallende Gewandung, sie entfalten teilweise Schriftrollen, teilweise lesen sie in solchen, also wieder ähnlich wie am Amalerbogen. Die jetzt nicht mehr vorhandene Schrift auf den Rollen mag früher angegeben haben, wer hier dargestellt war. Christliche Heilige sind es gewiß nicht, denn kein Haupt zeigt einen Heiligenschein. Im übrigen sind sie in den Ranken nicht leicht zu erkennen, denn der Bogen ist jetzt um die obere eingeschobene Säulenstellung (vgl. Abb. 2 Bl. 8) in die Höhe gerückt und dadurch vom Auge des Beschauers um 3 bis 4 Meter weiter entfernt, als dies ursprünglich beabsichtigt war.

Aus der Mitte des Bogens sehen die Brustbilder von drei Männern hervor, die in etwa doppelt so großem Maßstabe gehalten sind, wie die anderen Figuren. Ich habe schon früher die Ansicht ausgesprochen[34]), daß Theoderich hier aus seinem Reiche die drei bedeutendsten Gelehrten, welche zugleich jeder an seinem Teil zur Erfindung und Ausführung des Baues der Herkulesbasilika mit beigetragen hatten, darstellen ließ, nämlich den Geschichtsforscher

29) Jornandes cap. 21 u. 28 berichtet, daß die Goten den Kaiser Konstantin schon bei der Gründung Konstantinopels (330 n. Chr.) unterstützten und in sein Heer mit 40000 Mann übertraten. Später trat das ganze Heer des Gotenkönigs Athalarich in das oströmische des Kaisers Theodosius (379—395) über. Andere in früherer und späterer Zeit erfolgte, teils friedliche, teils kriegerische Berührungen der Goten und Römer sollen hier noch nicht erwähnt werden.

30) Getica cap. V: pene omnibus barbaris Gothi sapientiores semper extiterunt Graecisque pene consimiles.

31) Jornandes Getica cap. X.

32) Cass. Sen. Var. I, 45.

33) Bekanntlich versuchten schon Heron von Alexandria und Archimedes in Syrakus die Kraft des Dampfes irgendwie nutzbar zu machen.

34) Jahrg. 1914, S. 292.

Cassiodor, den großen Baumeister Symmachus und den Mathematiker und Ingenieur Boëtius. Diese drei werden in einer noch erhaltenen kurzen Zusammenstellung als zum edlen Geschlechte der Anicier gehörend gekennzeichnet, ein Geschlecht, das Theoderich in seinen Erlassen nie erwähnt, ohne durch rühmende Zusätze auf die Erlauchtheit desselben hinzuweisen, was auch Mommsen hervorhebt. Ein näheres Begründen der hier ausgesprochenen Ansicht würde jedoch an dieser Stelle zu weit führen, und es müßte vorläufig noch ganz Fernliegendes, z. B. das sagenhafte Dietrichsbad in Rom, eine von Theoderich dem Großen ausgeführte Badeanlage, zur Beweisführung herangezogen werden. Es mag daher auf ein näheres Eingehen hier vorläufig verzichtet werden. Ob nun die Gelehrten bei den Goten aus dem ganzen Volke hervorgingen oder nur aus den edlen Geschlechtern, welche den Goten die Könige und die Priester gaben[35]), wird gleichfalls hier nicht zu untersuchen sein.

Leider ist es mir nicht möglich gewesen, eine größere Abbildung der drei erwähnten Mittelfiguren zu erhalten. Die mittlere ist jedoch auf Abb. 1 Bl. 12 in der Unteransicht etwa über dem Nimbus des mystischen Lammes zu sehen, und es ist aus diesem Bilde zu entnehmen, daß es sich um scharf charakterisierte, durchaus porträtartige Darstellungen handelt. Dieser Kopf zeigt ein breites plattes Gesicht mit breiter Nase und wohlwollenden Zügen. Der Bart ist als breiter Knebelbart gezogen, der Kopf von lockigem Haar umgeben, aber auf dem Scheitel bereits kahl. Die eine Hand hält eine Schriftrolle, die andere ist sinnend oder belehrend zum Kinn erhoben.

Noch bedarf die untere sitzende Figur auf Abb. 1 Bl. 11 der Vollständigkeit willen des Versuchs einer Erklärung. Nach der Volkserzählung soll dies das Bild des Baumeisters von S. Marco sein. Der Doge[36]) soll dem Baumeister zugestanden haben, daß er nachträglich sein Bild auf diesem Steine anbringen dürfe, wenn am Ende des Baues sich alles als tadellos erwiese. Als diese Zeit herankam, habe der Baumeister aber doch einem Freunde anvertraut, daß dieses und jenes nicht ganz nach Wunsch und Absicht geraten sei. Darauf habe der Doge, dem dies zu Ohren gekommen sei, bestimmt, daß das Bild des Baumeisters zwar anzubringen, daß er aber in Anbetracht der menschlichen Schwäche und Unvollkommenheit als Krüppel mit zwei Krücken abzubilden sei, wie er sich aus Ärger und Enttäuschung über das nicht fehlerfreie Werk in den Finger beiße. Die Krücken und der zum Mund erhobene Finger sind nun tatsächlich vorhanden, und einen ärgerlichen oder schmerzlichen Gesichtsausdruck mag man auch wohl herausfinden.

Ich möchte jedoch nicht den Baumeister, wohl aber einen Baumeisterscherz in dieser Figur vermuten. Der Baumeister verkehrt nicht in so weiten, faltenreichen Gewändern auf seinem Bau, und ein so reichgeschnitzter Sessel wird ihm daselbst auch nicht hingesetzt. Nun erwählten die byzantinischen Kaiser — und dieser Brauch wird von Theoderich, der in Byzanz erzogen war, und der sein Reich als eine Nachahmung des byzantinischen bezeichnet[37]), wohl angenommen worden sein — wenn sie einen hervorragenden Bau ausführten, einen geeigneten Würdenträger des Hofes, dem die geschäftliche Sorge für den Bau und zwar wohl vorzugsweise in geldlicher Beziehung oblag.[38]) Mit solchen Personen gerät der Baumeister leicht in Mißhelligkeiten, und er mag daher wohl das Bild eines solchen geschäftsführenden Hofmannes, mit den Zeichen menschlicher Schwäche versehen, am Bau der Herkulesbasilika unterhalb der Handwerkerdarstellungen als Rache für irgend eine Kränkung angebracht haben. So stellte Michel Angelo auf dem Bilde des jüngsten Gerichts in der sixtinischen Kapelle den päpstlichen Zeremonienmeister Biagio, der das Bild wegen der Nacktheit der Figuren getadelt hatte, als den Höllenrichter Minos dar. Da beim Bau von S. Vitale nun ein gewisser Julianus argentarius (d. h. Julianus der Bankier) als mitbeteiligt, ja sogar als Erbauer genannt wird, so ist vielleicht das Bild des Julianus in dieser spottenden Darstellung zu suchen. Natürlich ist das Obige nicht mehr als eine Vermutung zur Erklärung der eigenartigen Darstellung, sie dürfte aber mindestens dieselbe Berechtigung und vielleicht noch etwas mehr für sich haben, wie die bisherige Volksüberlieferung. Mit einer ähnlichen Kopfbedeckung, wie sie diese Figur trägt, ist die Gestalt eines Herodes im berühmten figurenreichen Kreuzgang von St. Trophime in Arles ausgezeichnet, ebenso ein mittelalterliches Bild des Cassiodor, das in den Monumenta Germaniae wiedergegeben ist. Die Kopfbedeckung dürfte daher auch den höheren Hofbeamten kennzeichnen.

Daß die bisher behandelten beiden Portalbögen, der mittlere und der äußere, in ihrer schönen Erfindung und Arbeit nicht für ihren Platz gemacht sind, sondern anderswoher stammen, geht nun auch deutlich hervor aus der Betrachtung des unteren gänzlich stümperhaften Bogens, bei dem die Erfindung und die Arbeit in gleicher Weise mangelhaft sind. Am unteren Bogen, von dem die rechte Seite in Text-Abb. 11 und ein Teil der linken in Text-Abb. 10 zu sehen sind, sind unten vier fratzenhafte Wesen, die teils auf Drachen, teils auf Stieren sitzen und von deren Händen die anschließenden Ranken gestützt erscheinen, angebracht. Erklärer, z. B. Robertson nehmen an, daß diese wüsten Gestalten die Sünde darstellen sollten. Vielleicht hat dem Verfertiger dieser Gedanke auch einmal vorgeschwebt, er ist aber nicht imstande gewesen, ihn weiter auszuarbeiten und zu verfolgen. So sehen wir denn in den darübergelegenen Darstellungen auf der Unterseite des Bogens alles Mögliche zusammenhanglos abgebildet, wie es nur einer mittelalterlichen Phantasie in buntem Durcheinander einfallen mochte. Solche zusammenhanglose Darstellungen sind ja aus dem Mittelalter vielfach bekannt. Hier reißt ein Herkules oder ein Simson einem Löwen den Rachen auf (Text-Abb. 11), dort schlingen sich zwei Drachenleiber durcheinander, hier überfällt ein Löwe ein Tier, das wohl einen Hirsch mit Geweih darstellen soll (Text-Abb. 10), dort sind als ausländische sonderbare Tiere zwei Kamele abgebildet. Auf der äußeren Bogenseite (Text-Abb. 9 und 11) finden sich dagegen Kinder geschildert, die durch das dargestellte Geäst schlüpfen, sich gegenseitig jagen und

35) Jorn. a. a. O. cap. V: inter eos (sc. Gothos) generosi extabant, ex quibus eis et reges et sacerdotes ordinabantur.

36) Vgl. die Erzählung bei Robertson a. a. O. S. 75.

37) Theoderich schreibt in höflicher Weise dem byzantinischen Kaiser Anastasius: Regnum nostrum imitatio vestra est (Cass. I, 1).

38) Choisy a. a. O. S 177 gibt von diesen Würdenträgern (dignitaires du palais) den Titel *οἰκίστικος* an. Heute werden zuweilen Baukommissionen für ähnliches ernannt.

haschen, auf Zweigen schaukeln, mit einem Körbchen in den Wald gehen, dort nach Vögeln schießen, zum Teil aber auch Belehrung durch ältere zu empfangen scheinen (Text-Abb. 11), kurzum wüst und wirr alles durcheinander.

Die Ausführung der menschlichen Figuren und die Bildhauerarbeit ist hierbei ganz stümperhaft. Man vergleiche die mißratenen Körperverhältnisse, den fratzenhaften Gesichtsausdruck, die schlechte Muskulatur und das platte Blattwerk auf Text-Abb. 10 mit den besseren Leistungen der Monatsdarstellungen auf Bl. 9, die geradezu vollendet gegenüber diesen Stümpereien erscheinen. Von einer eigentlichen Unterarbeitung der Blätter, Ranken und Figuren, wie sie an den beiden besseren Bögen sich in so vollendeter Meisterschaft zeigt, ist bei diesem unteren Bogen auch kaum die Rede. Der Photograph (Alinari) hat daher der Text-Abb. 10 mit Recht die Unterschrift gegeben: Un particolare della grossezza del primo sopr'arco, ein Einzelbeispiel der Rohheit des ersten Türbogens. Der Kerbstab, den wir an den Kanten der beiden andern Bögen fanden, ist hier auch nicht vertreten, sondern ein rohgearbeiteter Perlstab. Ferner ist der Bogen aus wenigen

Abb. 9. Hauptportal von San Marco in Venedig. Unterer Bogen, Vorderseite links.



Abb. 10. Hauptportal von S. Marco in Venedig. Unterer Bogen, Unterseite links.



Abb. 11. Hauptportal von S. Marco in Venedig. Unterer Bogen, rechte Seite.

massiven Bogensteinen zusammengesetzt, aus denen unmittelbar die bildnerischen Darstellungen herausgearbeitet sind, während wir bei den beiden andern Bögen die Bekleidung mit Verblendplatten fanden. Dieser Bogen zeigt also deutlich, was die venetianischen Baumeister von S. Marco zu leisten vermochten, wenn sie einmal selbst figürliche Bildhauerarbeiten schaffen mußten, und wie weit ihre Kunst im Laufe der Jahrhunderte gesunken war im Vergleich zur Kunst der Ostgoten in Ravenna.

Betrachten wir die Leistungen, wie sie sich in den Monatsbildern und den Tugenden darstellen, so müssen wir tief bedauern, daß eine so frische erfindungsreiche, unmittelbar die Natur zum Vorbild nehmende Kunst mit dem Falle des Gotenvolkes gleichfalls zu Boden geschlagen wurde. Diese Bildhauerarbeit schließt sich in Ausführung und Erfindung würdig den großen konstruktiven Leistungen der Baukunst und der reichen und schönen musivischen Ausstattung an, wie wir sie in Theoderichs Herkulesbasilika, in den Mosaiken seiner Christuskirche[39]) und den Bildhauerarbeiten aus seinem Palast, den Odinsknäufen und ähnlichem[40]) bereits kennen lernten, während sich die Stümperhaftigkeit des unteren Türbogens wieder gleichwertig den kläglichen Leistungen venetianischer Bildhauer der Frühzeit an die Seite stellt, wenn sie einmal selbst ein Kapitell auszuarbeiten hatten.[41]) Es wird noch bemerkt, daß an den beiden besser gearbeiteten Bögen die Spuren einer reichen ehemaligen Vergoldung bei passender Beleuchtung heute noch deutlich wahrzunehmen sind. Aber nicht die ganzen Figuren sind mit Gold überzogen, sondern es ist nur die Zeichnung in sehr geschmackvoller Weise klarer herausgehoben, indem hier das Haar, dort eine Krone, ein Gürtel, ein Gewandsaum oder ein Werkzeug mit Gold abgesetzt sind. Besonders sind diese Spuren bei den gegen die Witterung am meisten durch ihre Lage geschützten Monatsdarstellungen noch deutlich zu erkennen.



Abb. 12. Portal an der Westseite des Straßburger Münsters. Versucher und törichte Jungfrau.

Sollte in den obigen Ausführungen noch einiges zu gewagt und nicht ausreichend begründet erscheinen, so wird dies noch seine Rechtfertigung finden, einerseits, wenn man die früheren Betrachtungen über die Übertragung von Architekturteilen von Theoderichs Bauten nach S. Marco zur Ergänzung heranzieht, und anderseits in ähnlichen Folgerungen, welche sich weiter für die Übertragung von Teilen der Gerichtsstätte und des Grabmals des Theoderich nach S. Marco in überzeugender Weise noch ergeben werden.

Einige Forscher, die sich die vollendete Kunst, wie sie in den beiden oberen Bogen des Hauptportals auftritt, zur Zeit der Erbauung der Vorhalle, also etwa gegen Ende des 10. Jahrhunderts, wohl nicht erklären konnten, nehmen für die Entstehung des Hauptportals das Ende des 13. oder den Beginn des 14. Jahrhunderts an. Es ist das mit Gewißheit falsch, denn gegen diese Entstehungszeit spricht außer allem obigen, daß dann dieses Portal auch in sogenannten gotischen Formen gearbeitet wäre, die in Venedig und an S. Marco ebensogut damals auftreten, wie in allen anderen Ländern Europas, die überhaupt in Betracht kommen.

Die beiden oberen Portalbogen zeigen aber nicht den bekannten sogenannten gotischen Stil, sondern die echte Kunst der Goten aus Ravenna, welche bis dahin überhaupt noch nicht bekannt ist. Daß auf diese lebensvolle Kunst die landläufige Bezeichnung byzantinisch auch nicht im mindesten paßt, wird jeder zugeben müssen, der die Leistungen dieser Kunstrichtung kennt, und dann die Darstellungen der Landbewohner, der Tugenden, der Handwerker und der Gelehrten daneben hält.

Ob die beiden von Theoderichs Herkuleshalle entnommenen Portalbögen ursprünglich nun auf gleicher Kämpferhöhe ruhend durch eine große mosaikgeschmückte Hohlkehle miteinander verbunden waren, wie im ergänzten Grundrisse der Vorhalle (Abb. 1 auf Seite 264, Jahrg. 1914 d. Zeitschr.) angenommen worden ist, oder durch andere Zwischenglieder, mag dahingestellt bleiben.

Schließlich sei hier noch der schon früher gemachte Hinweis wiederholt, daß der Bau von S. Marco mit seiner Vorhalle, während des frühen Mittelalters in hohem Grade als ein Wunderwerk betrachtet wurde und daher vielfach vorbildlich wirken mußte. Diese Marmorvorhalle wurde in der zweiten Hälfte des 11. Jahrhunderts mit den Resten von Theoderichs Bauten in Venedig, das damals wohl noch größtenteils aus ganz bescheidenen stroh- und rohrgedeckten Holzhäusern bestand, errichtet, und allen den nordischen Fremdlingen, die der Handel oder die Kreuzzüge nach Venedig führten, in ihrer Pracht von Marmor und Goldmosaik vor Augen geführt. Wenn die nordischen Besucher, seien es nun Geistliche, Laien oder Baumeister, hierbei die Monate und die Tugenden am Portal dargestellt fanden, so wollten sie gewiß zu Hause an ihren Kirchenportalen auch Ähnliches abgebildet sehen.

39) Jahrg. 1914, S. 271 und 279.
40) Jahrg. 1911, Bl. 6 Abb. 1, 3, 4, 5.
41) Jahrg. 1911, Bl. 6 Abb. 2 und Seite 47.

Die Tugenden, bald mit einem Heiligenschein, bald ohne diesen, finden wir daher vielfach an Kirchenportalen dargestellt, hier aber meistens mit den Gegenstücken, den Lastern, zusammen, wie Viollet-le-Duc hervorhebt.[42]) Auch die Monate finden sich häufig vor, z. B. am Portal der Kathedrale von St. Denis. Aus späterer Zeit sehen wir an den Westportalen des Straßburger Münsters, die Erwin von Steinbach zugeschrieben werden, den Tugenden gleichfalls die Untugenden oder Laster gegenübergestellt. So steht dem Bräutigam und der klugen Jungfrau der Versucher mit dem Apfel und die törichte Jungfrau, eine ausgezeichnete Arbeit, gegenüber (Text-Abb. 12). Die Konsolen, auf denen diese Figuren stehen, zeigen dann als Schmuck, die uns bekannten Monats- und Tierkreisbilder. Unter dem Versucher sind für den Januar ein schmausender Mann an einer gedeckten Tafel und der Wassermann dargestellt. Unter der törichten Jungfrau zeigen sich dagegen für den Februar wieder eine Person, die sich Hände und Füße in ganz ähnlicher Körperhaltung wie in der Darstellung an S. Marco am Feuer wärmt, und das Zeichen der Fische (Text-Abb. 12).

Unter dem hier nicht im Bilde gegebenen Bräutigam ist für den Mai der zum Felde ausreitende Krieger dargestellt, während das Tierkreiszeichen durch zwei im Freien lustwandelnde Zwillinge gegeben ist. Der Auszug zum Maifeld ist daher hier der späteren Entstehung des Bildes entsprechend richtig im Mai angegeben. Die Schilderungen auf den Konsolen haben keinerlei Beziehung zu den darauf stehenden Figuren. Der Inhalt der Darstellungen ist schon nach diesen wenigen Proben als den Schilderungen an S. Marco so ähnlich anzusehen, daß man gewiß eine unmittelbare Beeinflussung dieses Portales in Straßburg durch dasjenige von S. Marco annehmen darf.

Ferner hat bei S. Marco aber auch wohl das Fortnehmen ganzer Bauteile, so z. B. von Portalen, von einem Bau und das Verpflanzen an einen anderen, vorbildlich und schulemachend gewirkt. In einer der ehemaligen Hauptstädte Theoderichs, Ticinum, jetzt Pavia genannt, findet sich z. B. die ziemlich kleine Kirche S. Michele fast nur aus Portalen zusammengesetzt, die anderswoher und zwar wahrscheinlich von abgebrochenen arianischen Kirchen entnommen sind, wie manche Spuren an denselben noch deutlich beweisen. Ebenso würden wir in den beiden weiteren Hauptstädten Theoderichs, Rom und Verona, auch noch Beispiele von solchen Übertragungen mehrfach anführen können. Wir müssen sie aber zur gründlicheren Behandlung für spätere Zeit zurückstellen. Hier mag es vorläufig genügen, die reichen und vielbewunderten Portale von S. Marco, insbesondere das Hauptportal, als Denkmäler der Gotenzeit in Italien nachgewiesen zu haben, aus denen man ein gutes Stück der Kulturgeschichte dieses hochbegabten germanischen Volkes ablesen kann.

42) Dict. de l'arch. Bd. IX, S. 355 ff.

Bürgerhäuser der Barockzeit in Magdeburg.

Von C. Prévôt, Magdeburg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 21 bis 23 im Atlas.)

An den königlichen Baugewerkschulen werden seit Einführung des neuen Lehrplans in den oberen Klassen Aufnahmen bemerkenswerter alter Wohnhäuser gemacht. Dies hat den Zweck, dem Schüler die für den betreffenden Ort bodenständige, eigentümliche Bauweise klar vor Augen zu führen und ihm dadurch bei seinen eigenen Entwürfen eine gewisse Richtschnur zu geben. Wenn dieses auch schon in den unteren Klassen bei Behandlung des freistehenden Hauses teilweise geschieht, Einzelheiten aber dort auf ein äußerstes beschränkt werden müssen, so verlangen die in den oberen Klassen zu entwerfenden Wohn- und Geschäftshäuser doch mehr Formenkenntnis sowohl in der Behandlung des Äußeren wie des Innern der Gebäude.

Es ist da notwendig, daß dem Schüler eine eingehendere Anleitung für den Gebrauch der Architekturformen, für die Gliederung im wagerechten und senkrechten Sinne, die Art der Wandbehandlung, für das Gesetzmäßige in der Anordnung der Öffnungen und der Tiefenwirkung gegeben wird. Dies zunächst an guten alten Beispielen klar zu machen, erschienen in Magdeburg die Bauten aus der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts am geeignetsten.

So entstand eine Anzahl von Aufnahmen, die im Unterricht zu eingehenden Besprechungen dienten. Begonnen wurde mit dem kleineren zweistöckigen Wohnhaus. Diese kleineren Magdeburger Bürgerhäuser sind im Gegensatz zu den mehrstöckigen Giebelhäusern des Breiten Wegs weniger bekannt, sie wahren aber die Eigenart ihrer Zeit besonders gut und sind in ihrer einfachen architektonischen Haltung für die Anschauungen unserer Zeit zum Studium besonders geeignet. Sie werden deshalb auch weiteren Kreisen Beachtung abgewinnen. Die Beispiele sind aus der Fülle des noch Vorhandenen die am wenigsten berührten und kennzeichnendsten Gebäude der Zeit, deren Grundform sich bis ins neunzehnte Jahrhundert erhalten hat. Der Beschreibung der Bauten muß einiges aus der Geschichte der Stadt kurz vorausgeschickt werden. Bekanntlich blieb bei der Zerstörung Magdeburgs im Jahre 1631 nur ein kleiner Teil von Wohnhäusern in der Nähe des Domes unversehrt, alles andere fiel in Schutt und Asche. Viele Familien waren ausgestorben, so daß nach einer Statistik vom Jahre 1720 noch 72 wüste Stellen dalagen, also Bauplätze, auf denen Gebäude noch nicht wieder errichtet waren. Des Wiederaufbaues nahm sich zu dieser Zeit der vom König Friedrich I. 1702 zum Gouverneur ernannte Fürst Leopold von Anhalt-Dessau in hervorragender Weise an. Mit großer Tatkraft förderte er die Bautätigkeit und erwirkte landesherrliche Beihilfen bis zu 20 vH. der Baukosten für jeden, der eine wüste Stelle bebaute. Bedingung bei der Vergebung der Stellen war, daß steinerne Bauten errichtet würden, und gleichfalls sollten infolge königlicher Order die Flächen der neuen Häuser mit

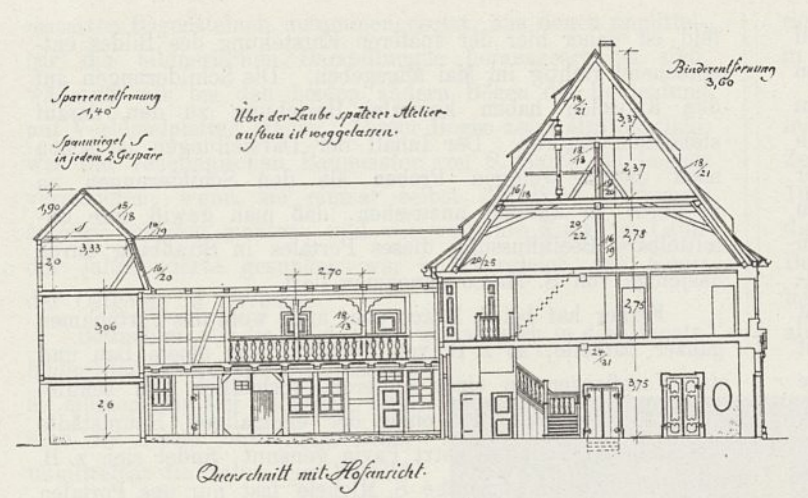
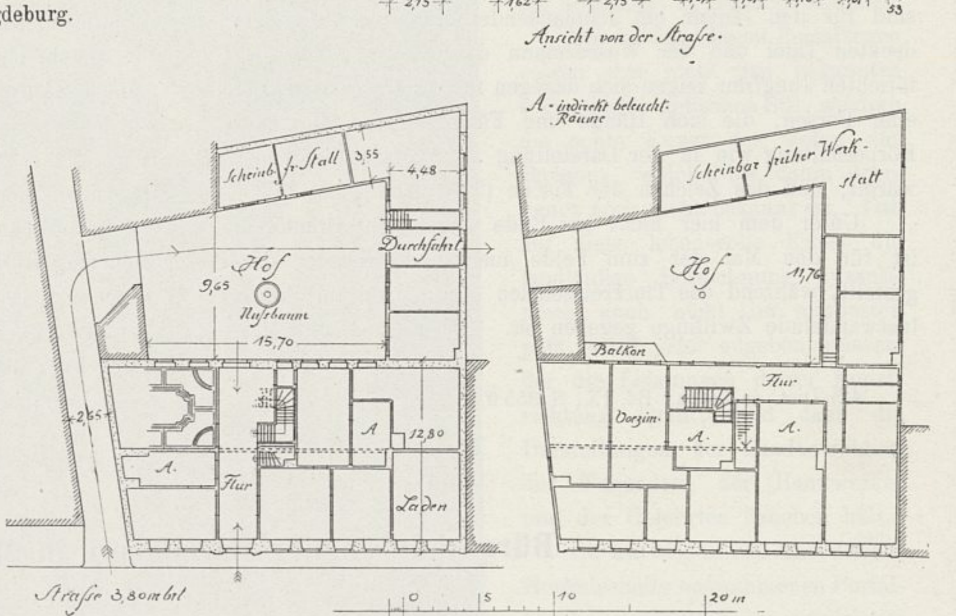


Abb. 1. Haus Stephanbrücke 15 in Magdeburg.

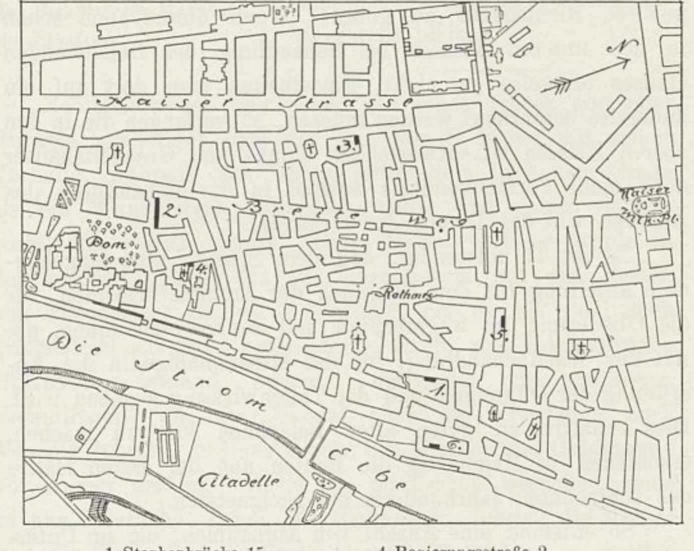


Erdgeschoß. Obergeschoß.

gelber, die Vorlagen der Steinteile und das Säulenwerk der hölzernen Teile mit weißer Farbe gestrichen werden. Durch die genannten Beihilfen sollte besonders auch den Franzosen und Pfälzern, welche von 1686 bis zu Anfang des 18. Jahrhunderts eingewandert waren, gute Gelegenheit zum billigen Ansiedeln gegeben werden. So hob sich bald die Anzahl der Gebäude wie der Einwohner. In 32 Jahren, von 1722 bis 1754, stieg die Gebäudezahl um 500, die der Einwohner um 7000. Die gewerbliche Tätigkeit der Franzosen, welche der Stadt zu großem Vorteil gereichte, erstreckte sich hauptsächlich auf die Anlage von Webereien in Seide, Wolle und Baumwolle sowie von Strumpfwirkereien; daneben beschäftigten sie sich mit Seiden- und Tabakbau, während die Pfälzer mehr Ackerbau trieben. Der Einfluß der Franzosen auf die Architektur ist unverkennbar; ebenso treten aber auch italienische Einflüsse zutage, die wohl durch den Bau des Rathauses und die Tätigkeit Giovanni Simonettis, der die Paläste am Domplatz baute, bewirkt wurden. Im nahen Berlin standen die Schlüterschen Bauten gerade fertig, in Dresden wurde seit 1711 am Zwinger gearbeitet. Diese mannigfachen Einflüsse scheinen auf die Architektur der Zeit in Magdeburg von außen her eingewirkt zu haben. Dazu kamen die sozialen Verhältnisse der Zeit, die Verfeinerung der Lebenshaltung in Bürgerkreisen. Das Haus der Vornehmen wurde für die wohlhabenderen Schichten das Muster für ihre Wohnungen. Man verlangte breitere Treppen, höhere Zimmer, große Fenster, Flügeltüren, Stuckdecken, Spiegel und Kamine. In dem wiederaufblühenden Magdeburg sehen wir diesen Einfluß auch an unseren kleinen Bürgerhäusern, wie die Beispiele zeigen werden.

Lageplan (Text-Abb. 2). Die Häuser befinden sich in verschiedenen Stadtteilen an zumeist schmalen Straßen. Es zeigt sich dabei, daß Häusergruppen gebildet und eine Einheitlichkeit im Aufbau erstrebt wurde. Den Vorderhäusern schließen sich nach hinten Gärten oder Höfe an, auch treten Seiten- und Quergebäude auf, von welchen Anlagen aber nur noch ein Beispiel leidlich gut erhalten ist (Text-Abb. 1).

Grundriß. Die Grundform zeigt im Erdgeschoß (Text-Abb. 3) einen geräumigen Flur, der von etwa 1720 an fast ausnahmslos in der Mitte der Front gelegen ist. Er wird durch ein besonders geschmücktes Portal von der Straße aus zugänglich gemacht; nach dem Hof hin erfährt er eine Verbreiterung für die Treppe. Diese ist zweiarmig mit Viertelwendelung oder dreiarmig gebrochen, so daß sich unter dem



1 Stephanbrücke 15
2 Kreuzgangstraße 7, 10, 11
3 Münzstraße 13
4 Regierungsstraße 2
5 Tischlerkrugstraße 10
6 Holzhof 6

Abb. 2. Stadtplan von Magdeburg.

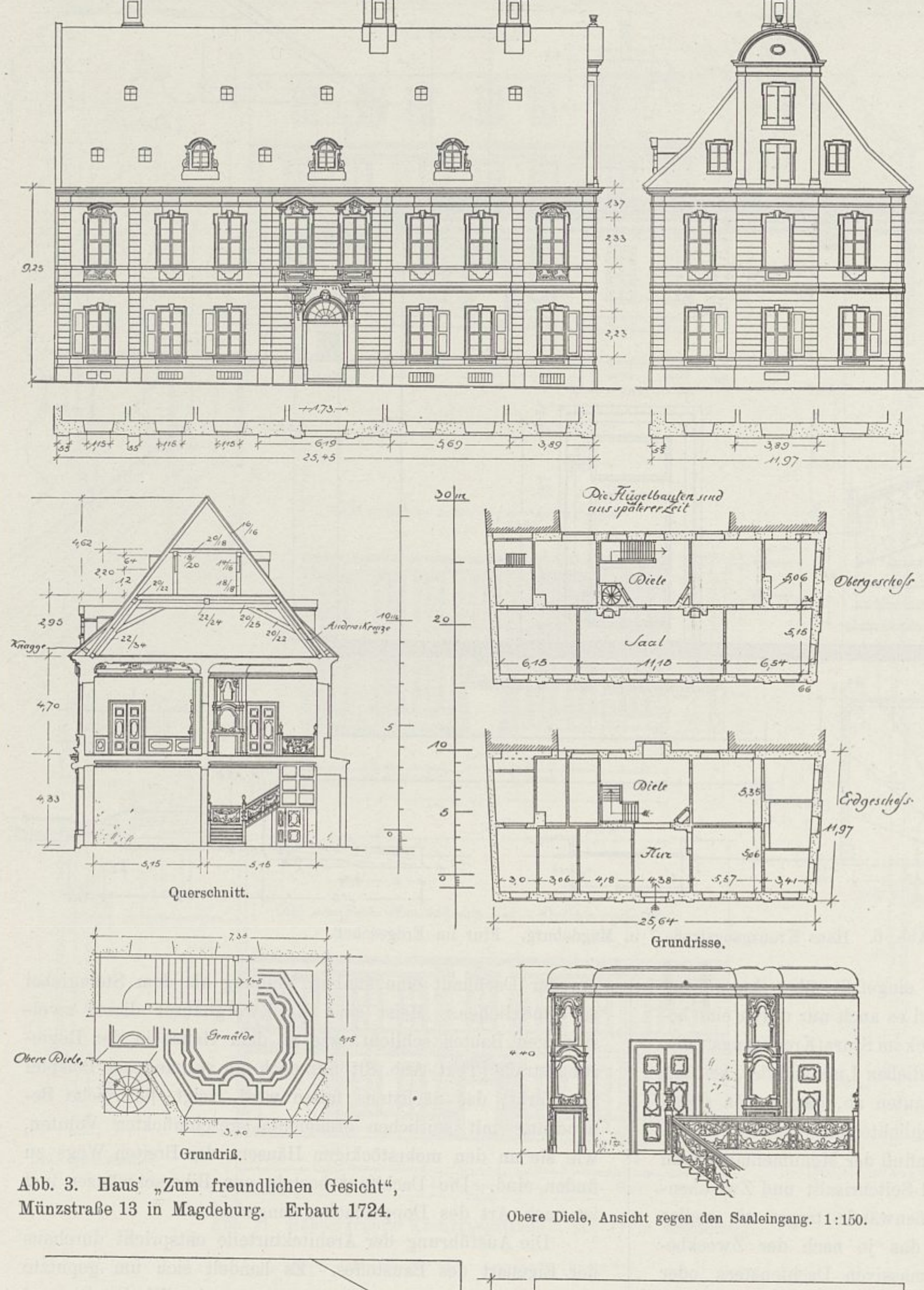


Abb. 3. Haus „Zum freundlichen Gesicht“, Münzstraße 13 in Magdeburg. Erbaut 1724.

Obere Diele, Ansicht gegen den Saaleingang. 1:150.

Abb. 4. Haus Holzhof 6 in Magdeburg.

Abb. 5. Haus Tischlerkrugstraße 10 in Magdeburg.

oberen Lauf der Ausgang nach dem Hof oder dem Garten befindet. Vom Flur aus sind die Hauptzimmer des Erdgeschosses und etwa die Küche zu erreichen, welche weiter als Durchgangsräume für die dahinterliegenden Zimmer dienen. Die Tiefe der Häuser schwankt zwischen 10 und 13 m, so daß eine balkentragende Wand parallel zur Frontwand die Vorder- von den Hinterzimmern trennt. An Stelle dieser durchgehenden Wand tritt wohl auch ein durchgehender Unterzug, wie am Hause Stephanbrücke 15 (Text-Abb. 1), so daß die Tiefe der Zimmer bei gleicher Balkenstärke wechseln kann.

Im oberen Grundriß schließen sich an den verbreiterten Flur meist nur die anstoßenden Zimmer an; bei reicheren Anlagen erweitert sich der Flur dielenartig und wird dann zu einem Schmuckstück des Hauses gemacht (Haus Zum freundlichen Gesicht), während sich bei Anlagen mit Flügelbauten (Stephanbrücke 15) an den Treppenaustritt ein nach dem Hofe gelegener Gang zur Verbindung mit dem Seitenflügel anschließt, wodurch dann mittelbar beleuchtete Räume (Alkoven) zwischen Vorderzimmer und Flurgang eingeschlossen werden.

Das Dachgeschoß ist, wenn es Lagerräume faßt, mit abgesonderten einläufigen oder Wendeltreppen zugänglich, bei ausgebautem Dachgeschoß geht die Haupttreppe bis zur Dachbalkenlage.

Die Keller sind mit Tonnen überwölbt, die zwischen die Außen- und inneren balkentragenden Wände gespannt sind, sie werden unter der Haupttreppe oder durch besondere Kellerhälse zugänglich gemacht.

Fassaden. Dem Grundriß entsprechend ist die Anordnung eine durchaus regelmäßige. Mit Ausnahme des frühesten Beispiels (Stephanbrücke 15, Text-Abb. 1) sind sämtliche Fassaden um einen Mittelteil angeordnet. In dieser Mitte liegt, wie schon bemerkt, das Portal als Hauptschmuckstück

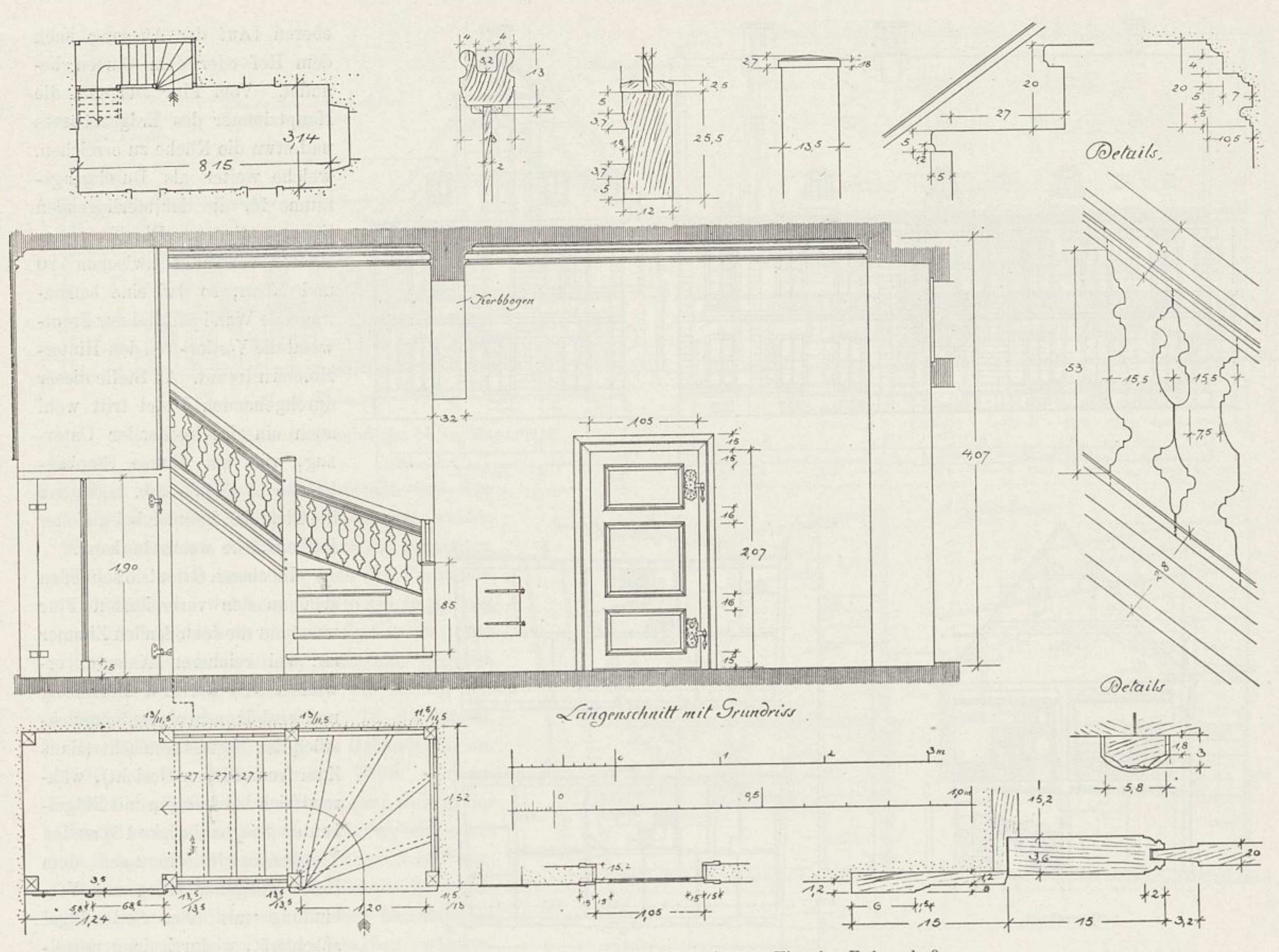


Abb. 6. Haus Kreuzgangstraße 7 in Magdeburg. Flur im Erdgeschoß.

in einem Risalit oder von Lisenen eingefaßt, über ihm ein besonders ausgezeichnetes Fenster, sei es auch nur durch eine besondere Sohlbank oder einen Schmuck im Sturz (Kreuzgangstraße, Text-Abb. 7). An den Grenzen schließen Lisenen oder, bei längeren Fassaden, Eckrisalite die Bauten ab, dazwischen sitzen in regelmäßigen Abständen die schlichter behandelten Fenster. Es zeigt sich hierbei klar der Einfluß der Monumentalanlagen in der Abstufung von Mittel- und Seitenrisalit und Zwischenbauten. Die so behandelten Außenwände tragen ein steiles Satteldach von etwa 50 Grad, das je nach der Zweckbestimmung mit hölzernen oder massiven Dachfenstern oder mit einem Zwerghaus versehen ist, das dann wieder in der Mitte liegt. Erst in der Rokokozeit wird teilweise das Mansarddach eingeführt, wie das Haus am Holzhof (Text-Abb. 4) zeigt. Für die Dachaufbauten wäre zu bemerken, daß Dächer, welche Lagerzwecken dienen, bei einfachen Bauten hauptsächlich durch sogenannte Fledermäuse, bei reicheren Anlagen durch Werksteingauben erleuchtet werden. Zwerghäuser treten entweder für Wohnzwecke auf oder dort, wo für die Dachlagerräume keine andere Aufzuggelegenheit als von der Straße aus möglich ist; sie erhalten dann im Giebelloch einen Windebalken und türartige Öffnungen über der Dachbalkenlage in der Wandmitte. Die Traufe der Zwerghäuser, die mit einem geradlinigen oder bogenförmigen flachen Giebel abschließen, liegt immer in Höhe des Architravgliedes, um der Dachhaut eine steilere Neigung als dem Steingiebel zu ermöglichen. Meist sind die Zwerghäuser dieser zweistöckigen Bauten schlicht, wie an dem Hause in der Regierungsstraße (Text-Abb. 8); nur noch ein vorhandenes Beispiel am Markt, das nächstens fallen wird, zeigt die reiche Behandlung mit seitlichen ornamental geschmückten Voluten, wie sie an den mehrstöckigen Häusern des Breiten Wegs zu finden sind. Die Dachhaut besteht aus Biberschwänzen und ist nach Art des Doppeldaches eingedeckt.

Die Ausführung der Architekturteile entspricht durchaus der Eigenart des Baustoffes. Es handelt sich um geputzte Backsteinbauten, Verwendung von wenig Werkstein und einen äußeren Anstrich der Fassaden in gelb und weißer Farbe, wie schon vorher erwähnt wurde. Es wird deshalb, soweit es möglich ist, geputzt und Werkstein nur da eingeschaltet, wo es sich schlecht putzen läßt oder aus anderen konstruktiven Gründen. (Siehe Häuser in der Kreuzgangstraße, Text-Abb. 7 und Abb. 2 bis 4 Bl. 21.) An den Hauptgesimsen ist der Architrav und Fries immer geputzt, ebenso das Kranzgesims an geraden Strecken; an Kropfstellen über Lisenen besteht es aus Werkstein. Brust- und Gurtsimse werden bandartig mit ganz geringer Ausladung gemauert und geputzt. Die Öffnungen von Fenstern und Türen werden dagegen mit Werkstein eingerahmt. Dieser wird auf den Flächen kräftig scharriert, an Gesimsen ab-

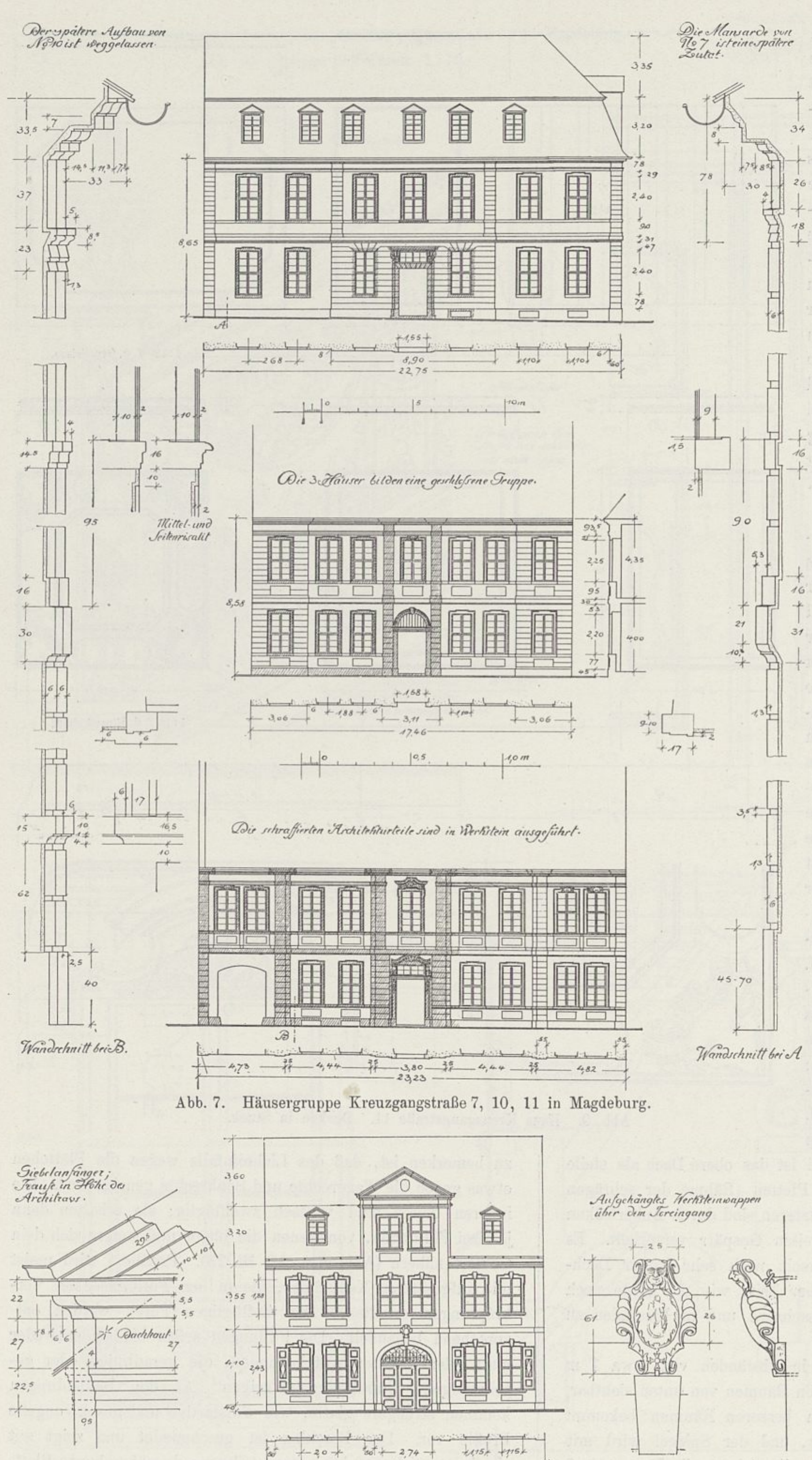


Abb. 7. Häusergruppe Kreuzgangstraße 7, 10, 11 in Magdeburg.

Abb. 8. Haus Regierungsstraße 2 in Magdeburg.

wechselnd scharriert und geschliffen. Die Formengebung geht aus den Abb. 1 bis 4 Bl. 21 und Abb. 1 Bl. 22 hervor und entspricht der Eigenart der Zeit. Die Portale sind Oberlichtportale mit wagerechtem Sturz oder halbkreisförmigem Abschluß, der erst in der Rokokozeit segmentbogenförmig wird. Eine schöne Art des Schmucks über ihnen durch Anbringen von Wappenkartuschen aus Werkstein, die an Eisenhaken aufgehängt sind, soll nicht vergessen werden; eine einfache Behandlung dieser Art zeigt das Haus in der Regierungsstraße (Text-Abb. 8), während ein prächtiges Beispiel am Schwibbogen zwei derart aufgehängte Wappen in die Umrahmung des Portals einbezieht und dadurch zu vorzüglicher Wirkung gelangt.

Das Ornament ist bandartig und zeigt vorzüglich behandeltes Laubwerk, das auf französische und Zwingervorbilder zu deuten scheint.

Das Holzwerk der Fenster hat ein feststehendes regelmäßiges Kreuz mit durchgehendem Mittelpfosten; die vier gleichgroßen Flügel schlagen nach innen auf und erhalten je nach ihrer Höhe ein oder zwei wagerechte Sprossen. Der innere Beschlag ist in Abb. 3 Bl. 23 dargestellt. Selten sind die Flügel ungleich hoch, in diesem Falle bleibt die Scheibenhöhe immer die gleiche; so ist am Hause Stephanbrücke 15 die Höhe des oberen Fensters genau $^3/_4$ der Höhe des Erdgeschoßfensters (Abb. 1 Bl. 23). Die Haustüren sind an einfachen Beispielen verdoppelte und genagelte Türen mit dem bekannten Ährenmuster oder gestemmte Türen mit je drei Füllungen im Flügel. An den Außenseiten sind die aufgesetzten Kehlstöße an geschwungenen Teilen an die Rahmenstücke angearbeitet, nach innen sind die Füllungen meist überschoben. Die Schlagleisten zeigen bei reicherer Ausführung immer auf Postamente

gestellte, nach der korinthischen Ordnung verzierte Pilaster. Wie konstruktiv gesund diese Zeit noch dachte, geht aus dem Beispiel an der Stephanbrücke (Abb. 1 Bl. 21) hervor, bei welchem das der Zeit eigentümliche vielfache Kröpfen der Profile, das zu Stückeleien der aufgesetzten Kehlstöße führt, die im Wetter selbstverständlich schlecht halten, den Tischler veranlaßte, die Tür aus drei nebeneinander gelegten Eichenbohlen herzustellen, die Füllungen herauszustechen und als Leistentür herzustellen. Bei dieser sonst gesunden Ausführung leidet nur das Profil an Feinheit an den Stellen, wo es über Hirnholz weggestoßen ist.

Dachkonstruktion, Decken und innerer Ausbau. Die Dächer sind, wie schon vorher gesagt, steile Satteldächer und durch Kehlbalken verspreißt oder in Geschosse geteilt. Je nach ihrer Bestimmung erhalten die für Lagerzwecke errichteten Dächer liegende Stühle mit nach oben verbreiterten Liegesäulen und Andreaskreuzen für die Längsverstrebung oder stehende Stühle einfachster Art dort, wo keine Belastung der Kehlbalken auftritt und nur eine Verspreißung der Sparren beabsichtigt ist. Mansarddächer kommen für die Hauptgebäude erst in der Rokokozeit auf.

Eine eigenartige Konstruktion einer Mansarde zeigt das Hofquergebäude des Hauses an der Stephanbrücke (Text-Abb. 1); es ist dort die untere steile Dachfläche als schräggestellte Wand, die nach der Balkenlage hin verstrebt ist, hergestellt. Dabei ist das obere Dach als steile Dachkonstruktion am Fuß auf Pfetten (Rähme der schrägen Wand) aufgesetzt, und diese letzteren sind durch Ankerbalken oder Spannriegel in jedem zweiten Gespärr verspreißt. Es deutet das auf das Vorhandensein noch sehr früher Dachverbandarten aus mittelalterlicher Zeit, wie sie heute noch an alten Feldscheunen Niedersachsens und in Westfalen zu finden sind.

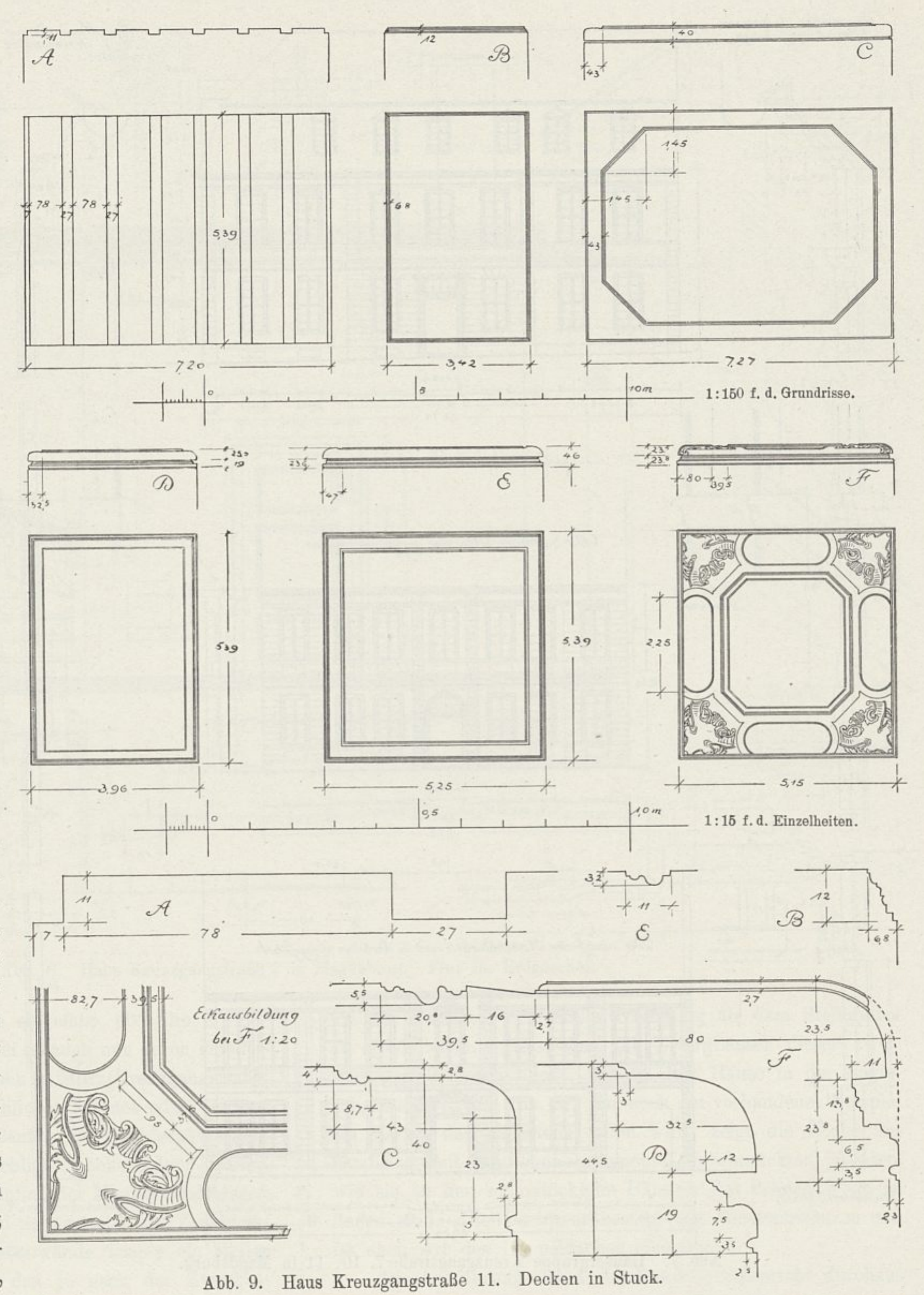


Abb. 9. Haus Kreuzgangstraße 11. Decken in Stuck.

Die Deckenbalken liegen in Abständen von etwa 1 m und bleiben in nicht bevorzugten Räumen von unten sichtbar, sie werden dann geputzt. In besseren Räumen bekommt die Decke Schalung und Putz, und der Spiegel wird mit Stuckprofilen, auch mit Ornament, bereichert. In Text-Abb. 9 sind verschiedene Arten der Behandlung dargestellt, wobei zu bemerken ist, daß des Lichteinfalls wegen die Plättchen etwas gegen die Wagerechte und Senkrechte geneigt sind. Die inneren Türen sind vielfach zweiflüglig; sie erhalten dann je drei Füllungen, von denen die obere und untere sich dem Geviert nähern (Abb. 9 u. 10 Bl. 23). Profiliert wird meist mit aufgesetzten Kehlstößen, die in den Füllungsecken Verkröpfungen erhalten. Die einflügligen Türen werden entsprechend behandelt. Die Füllungen selbst bleiben entweder glatt oder erhalten Aufplattungen, die geradlinige oder geschwungene Umrahmungen zeigen. An den Bekleidungen kommen strengere glatte, wie wulstartige und geschwungene Profile vor. Der Beschlag ist geschmiedet und zeigt gut ziseliertes und ausgebuckeltes, teilweise durchbrochenes Blattwerk an den Bändern. Von Schlössern ist wenig erhalten.

Abb. 10 u. 11. Haus „Zum freundlichen Gesicht“, Münzstraße 13 in Magdeburg.

Abb. 10. Treppe und Türen. 1 : 15.

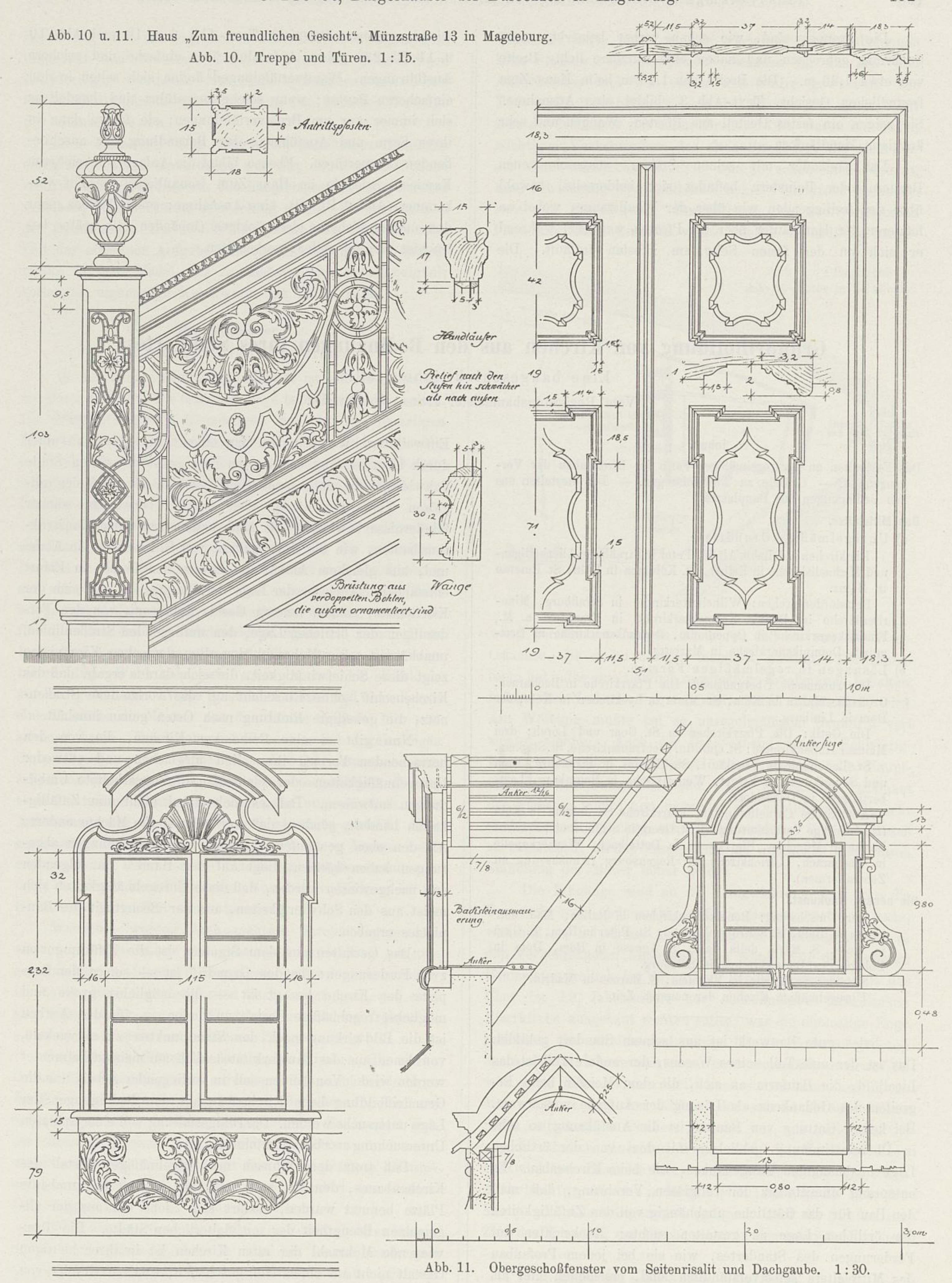


Abb. 11. Obergeschoßfenster vom Seitenrisalit und Dachgaube. 1 : 30.

Die Treppen sind, wie schon vorher bemerkt, meist dreiarmig gebrochen und haben eine nutzbare lichte Breite von etwa 1,20 m. (Die Breite von 1,45 m beim Haus Zum freundlichen Gesicht, Text-Abb. 3, bildet eine Ausnahme.) Sie zeigen ein festes Gestell aus Pfosten, Wangen und sehr kräftigen Handläufern.

Das Geländer mit seinen Stäben, ausgeschnittenen Brettern oder Balustern befindet sich beiderseits, sowohl über der freiliegenden wie über der Wandwange, wobei an letzterer der Handläufer über die Pfosten weggeht, während er sich an der freien Seite am Pfosten totläuft. Die wiedergegebenen Beispiele (Text-Abb. 6 u. 10 und Abb. 10 u. 11 Bl. 23) geben Aufschluß über einfache und reichere Ausführungen. Wandvertäfelungen finden sich selten in den einfacheren Bauten; wenn solche ausgeführt sind, handelt es sich immer nur um Brustvertäfelungen; sie folgen dann in ihrer Form und Ausführung der Behandlung der anschließenden Zimmertüren. Ebenso bildet die Anlage von reicheren Kaminen, wie sie im Haus Zum freundlichen Gesicht vorkommen (Abb. 2 Bl. 22), eine Ausnahme; solche bleiben mehr den umfangreicheren dreistöckigen Gebäuden, die später betrachtet werden sollen, vorbehalten.

Grundrißbildung von Kirchen aus den Bedingungen ihres Standortes.

Eine baugeschichtliche Studie.

Vom Regierungsbaumeister Hans Volkmann.

Inhalt.

Jedes gute Bauwerk ist aus seinem Standort gebildet. Das ist der eine Teil seines Wesens, der andere Teil ist das Idealbild, die Bauform an sich, die dem Meister beim Ergreifen des Gedankens als Lösung der Aufgabe vorschwebt. Bei keiner Gattung von Bauten ist die Ausführung so sehr in Übereinstimmung geblieben mit dem von der örtlichen Lage unabhängigen Baugedanken, wie beim Kirchenbau. Es entsprang unmittelbar der religiösen Verehrung, daß man den Bau für das Göttliche unabhängig von den Zufälligkeiten der örtlichen Lage zu gestalten suchte; Rücksichten auf Forderungen des Standortes, wie sie bei jedem Profanbau des Mittelalters selbstverständlich sind, erschienen hier als Entweihung. Wo sich dem Bau eines Gotteshauses an einer durch Überlieferung bestimmten oder sonst geweihten Stelle Schwierigkeiten entgegenstellten, hat sich die Kraft der religiösen Verehrung häufig eben durch Überwinden solcher Hindernisse bewiesen. So sind bewundernswerte Konstruktionsbauten, wie die Untermauern von S. Francesco in Assisi und, aus gleichem Anlaß, die Cavate des Domes in Erfurt entstanden. Auch in der Lage der Hauptachse hält sich der Kirchenbau, seinem inneren Gesetz gehorsam, von den Forderungen der örtlichen Lage, den umliegenden Straßenlinien, unabhängig. Die Mehrzahl der alten deutschen Kirchplätze zeigt diese Schiefwinkligkeit, die sich daraus ergab, daß das Kirchenschiff, ohne Rücksicht auf das vorhandene Straßennetz, die geheiligte Richtung nach Osten genau innehält.

Nun gibt es eine Reihe von Kirchen, die von den herrschenden Formen ihrer Zeit abweichen und entweder Unregelmäßigkeiten oder planmäßig durchgearbeitete Umbildungen aufweisen. Daß es sich dabei nicht um Zufälligkeiten handelt, sondern daß nur sehr starke Mächte anderer Art den oben genannten Kräften diese Abweichungen abgerungen haben können, liegt auf der Hand. Im folgenden soll nachgewiesen werden, daß diese Unregelmäßigkeiten sich meist aus den Schwierigkeiten, aus der Beengtheit des Bauplatzes ergaben.

Das Gestalten aus dem Standort ist die Erfüllung von zwei Forderungen: für den Grundriß ist — sofern der Bauplatz der Kirche beengt ist — die möglichst große und möglichst regelmäßige Gestalt zu finden, — für den Aufbau ist die Bildwirkung nach den Standpunkten zu entwickeln, von denen aus das Bauwerk tatsächlich am meisten betrachtet werden wird. Von beiden soll in vorliegender Arbeit nur die Grundrißbildung beim Kirchenbau aus den Bedingungen der Lage untersucht werden. Die Bildgestaltung soll einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

Daß trotz dem Wunsch nach regelmäßiger Gestalt des Kirchenbaues, den wir stets erkennen, so oft eng umbaute Plätze benutzt wurden, erklärt sich nicht nur aus der allgemeinen Beengtheit der mittelalterlichen Städte. Die überwiegende Mehrzahl der alten Kirchen ist in ihrer heutigen Gestalt nicht aus einem Guß geschaffen, sondern, infolge von

Zerstörung oder um wachsendem Raumbedürfnis zu genügen, umgebaut und erweitert worden. Auch bei vollständigen Erneuerungen wurde der alte Platz beibehalten, und diesen faßten die Bürgerhäuser entsprechend dem kleineren Umfange des alten Baues ein.

Der einfachste Weg, einer unregelmäßigen Baustelle einen Kirchenplan einzufügen, war der, daß man die übliche rechtwinklige Grundrißform den Bauplatzgrenzen entsprechend verschob, Teile verkürzte oder schräg stellte. Es war zugleich der kunstloseste. Der zweite Weg jedoch, aus der Schwierigkeit der einzelnen Aufgabe eine regelmäßige Form zu finden, mußte in dem Maße, wie er schöpferische Selbständigkeit verlangte, eigenartige Kunstwerke ins Leben rufen.

Das Mittelalter.

a) Unregelmäßige Grundrisse.

In der frühmittelalterlichen Kunst ist ein Eingehen auf die Besonderheiten der örtlichen Lage beim Kirchenbau selten. Die Übermittlung von Grundrissen war bei dem damaligen Baubetrieb auf strengste Genauigkeit im Nachbilden gestellt; auch ergaben sich nur selten erst solche Schwierigkeiten, wie sie gegen Ende des Mittelalters in den dichtbebauten Städten auftraten.

Eine der ältesten deutschen Kirchen, deren Grundriß aus Standortverhältnissen beeinflußt ist, ist die romanische Basilika in Dietkirchen a. d. Lahn, nicht weit von Limburg auf schroffem Felsen erbaut. Die ragende Form der Felskuppe war Anlaß, sie zur Baustelle zu wählen, obwohl sie für den Bau des 11. Jahrhunderts eigentlich keinen Platz bot. Und um so unantastbarer mußte trotz der Schwierigkeiten diese Wahl sein, als schon vorher ein Kirchlein auf der gewaltigen Klippe gestanden hatte und vor diesem eine Malstätte die Männer aus dem Lande ringsum hier versammelt hatte. Die Kirche hat einen ziemlich regelmäßigen Grundriß; sie weicht jedoch von der Ostrichtung — entsprechend der Gestalt der Felsplatte — beträchtlich ab; bei einer deutschen Kirche jener Zeit ganz ungewöhnlich. Die Außenmauer des nördlichen Turmes ist schräg gestellt. Eine regelmäßige Umformung des Grundrisses ist es dagegen, daß das Querschiff nicht vor die Flucht der Langhauswand vortritt, da hierzu kein Platz war. Auch diese Bildung ist im Kirchenbau jener Zeit eine Ausnahme.

Weiterhin werden noch mehrere Kirchen besprochen werden, die den Kampf der geheiligten Ostrichtung mit entgegenstehenden Standortforderungen zeigen, und zweifellos haben diese Schwierigkeiten dazu beigetragen, daß man sich immer mehr von der Wahrung der Ostachse freimachte — zum Heile einer natürlicheren Plangestaltung.

Im späteren Mittelalter entstanden Kirchen, die starke Grundrißunregelmäßigkeiten aufweisen. Die zunehmende Enge der Weichbilder und die Schwierigkeit, Bauplätze für Kirchenerneuerungen zu vergrößern, zwang hierzu. Es handelt sich um kleinere Kirchen mit bescheidenen Mitteln, und zwar um Pfarrkirchen, die sich, wie das ihrer geistigen Bestimmung entsprach, auch in Form und Standort am ehesten dem bürgerlichen Leben einfügen mußten.

Die gotische Pfarrkirche Alt-St.-Peter in Straßburg ist in dem spitzen Winkel, in dem die Lange Gasse und die Alte Weinmarktstraße zusammentreffen, errichtet (Abb. 1). Vielleicht hatte hier, wie an manchen Straßengabelungen beim Stadttor, ein Kapellchen gestanden für die Ein- und Ausgehenden und war später zur Pfarre geworden. Die Pfarre gilt jedenfalls als eine der ältesten der Stadt. Zur Zeit des Neubaues der alten Kirche, 1428, waren die beiden wichtigen Verkehrsadern des alten Straßburg, die sich hier vor dem westlichen Stadttor trafen, schon dicht bebaut. Eine Erneuerung einer mittelalterlichen Pfarrkirche bedeutete stets eine Erweiterung. Der Meister, der den verfügbaren Platz möglichst ausnutzen wollte, stellte die südliche Längswand parallel zur Langen Gasse, so daß sie von der West-Ostachse, die er im übrigen innehielt, abwich. Der Innenraum hat indes eine ziemlich regelmäßige Erscheinung behalten, indem die Verbreiterung als Seitenschiff abgetrennt wird. Auf Wölbung mußte bei so unregelmäßigem Grundriß verzichtet werden. Auch der Dachverband machte Schwierigkeiten. Der First läuft west-östlich, dadurch die Hauptrichtung des Baues betonend. Die windschiefe Dachhaut der Südseite mußte nun entweder am westlichen Ende sehr steil oder am östlichen sehr flach werden. Um dies etwas auszugleichen, ist das Traufgesims am westlichen Ende durch Staffelung der Mauer höher gelegt.

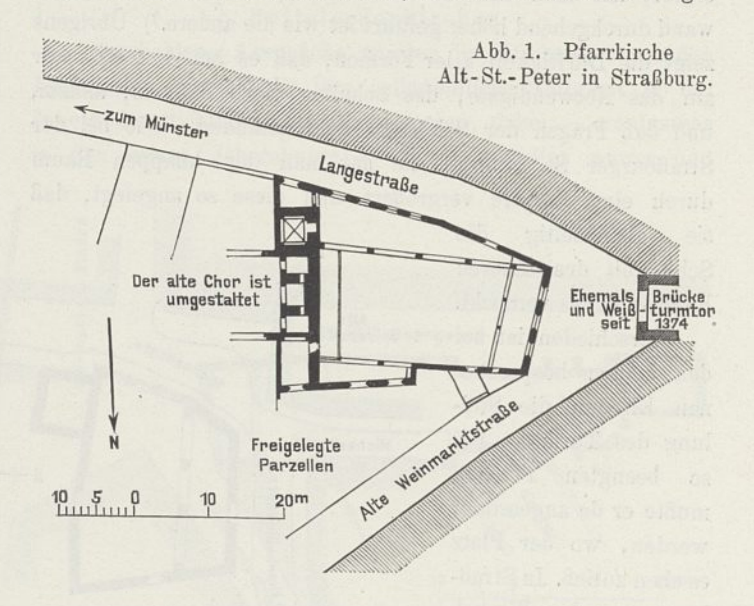


Abb. 1. Pfarrkirche Alt-St.-Peter in Straßburg.

Die Eingänge sind an die Langwände verlegt, wo die Gemeinde sich gleichmäßig auf die Gassen verteilen kann, während sie bei einem Ausgang an der Westseite gerade in den Verkehrsknoten hineingedrängt wäre. Für den späteren Baumeister freilich ist die Arbeit leichter gewesen; als der Chor im 19. Jahrhundert zur selbständigen katholischen Pfarrkirche ausgebaut werden sollte, war die ehemalige Enge gelichtet. Es wurden noch einige Häuser niedergelegt, und der Architekt konnte nun einen ganz regelmäßigen Grundriß, wie er an jeder anderen Stelle auch stehen kann, ausführen. Man empfand nun den Altbau, der seinem Erbauer sicher mehr selbständiges Denken gekostet hat, als „monströs“.[1])

In ähnlich einfacher Weise sind die Nachteile einer spitzwinkligen Baustelle überwunden bei der kleinen gotischen Allerheiligenkirche in Erfurt (von 1221), an der Ecke der Markt- und Allerheiligengasse gelegen. Daß die Straßen zur Zeit der Erbauung der Kirche schon in den heutigen Fluchten

---

1) Straßburg und seine Bauten, 1894, S. 249.

liefen, läßt sich, wie in den meisten Fällen, urkundlich nicht nachweisen, da Stadtpläne aus dem 13. Jahrhundert nicht mehr erhalten sind. Die Straßen bilden jedoch notwendige Verbindungen des mittelalterlichen Weichbildes, vom Markt und vom alten Tor nach Nordhausen zum Domviertel; auch die vielen in ihnen erhaltenen Häuser des 15. und 16. Jahrhunderts beweisen ihr Alter. Die Längswände laufen auch bei dieser Kirche auseinander. Den Übelstand, den bei einer windschiefen Dachfläche die Verschiedenheit der Neigungen ergibt, hat man hier so überwunden, daß die eine Längswand durchgehend höher geführt ist wie die andere.[2]) Übrigens zeigt die Dürftigkeit aller Formen, daß es bei dem Bau nur auf das Notwendigste, das Schaffen eines Raumes, ankam, und daß Fragen der Schönheit zurückstanden. Wie bei der Straßburger St. Peterskirche hat man den knappen Raum durch eine Empore vergrößert und diese so angelegt, daß sie gleichzeitig die Schiefheit des inneren Raumes etwas verdeckt.

Verschieden ist bei den beiden besprochenen Kirchen die Stellung des Turmes. Bei so beengten Flächen mußte er da angeordnet werden, wo der Platz es eben zuließ. In Straßburg, wo der Winkel, den die Gassen bilden, ziemlich stumpf ist, ging man mit dem Kirchenraum bis an die westliche Straßenflucht und stellte den Turm neben den Chor. In Erfurt, wo der Winkel spitzer ist, bot eben diese Ecke für den Turm noch Fläche, wo der Schiffsraum nicht noch weiter hätte vorgeschoben werden können. Gleichzeitig ist jeder dieser Plätze aber für die Bildwirkung in seinem Straßennetz der günstigste. In Straßburg läuft die Lange Gasse, die vom Herzen der Stadt kommt, auf den Turm der alten Peterskirche zu; der Turm der Erfurter Allerheiligenkirche beherrscht wirkungsvoll die vom Domberg her auf ihn gerichtete Marktgasse. Der Turm diente früher dem Feuerwächter als Aufenthalt, der von ihm in die beiden Gassen gut hineinsehen konnte; solche praktischen Gründe einer guten Sichtbarkeit fallen mit den ästhetischen Erwägungen, die wir heute werten, in der Wirkung überein.

Der Wert, den die Lage an einem Kreuzweg für eine Pfarrkirche in der Benutzung bietet, hat auch den Bauplatz und den unregelmäßigen Grundplan der Michaeliskirche in Erfurt, die am anderen Ende der Allerheiligengasse liegt, bestimmt (Abb. 2). Die von der Gerabrücke kommende Michaelisstraße, die in die Landstraße nach Nordhausen auslief, wurde damals noch durch einen offenen Wassergraben eingeengt. Der Grundriß der Kirche ist ein Viereck, dessen völlige Unregelmäßigkeit von außen nicht so bemerkt wird, wie das Grundrißbild vermuten lassen sollte. Die Baugeschichte der Kirche ist noch nicht genügend geklärt, um lediglich aus dem heutigen Zustand die mittelalterliche Anlage beurteilen zu können — vielleicht ist die Richtung der südlichen und westlichen Wand durch die Benutzung älteren Mauerwerks festgelegt gewesen. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß der heute fehlende Chor in gleicher Weise wie bei der Erfurter Andreaskirche auf einem Gewölbe über die Michaelisstraße gestellt war und später abgebrochen wurde. Die Abschrägung der Nordwestecke, nach der Universität zu, kann dagegen nur aus der Enge der Baustelle erklärt werden. Die gegen Mitte des 16. Jahrhunderts gegenüber der Kirche erbaute Universität trug der Enge durch

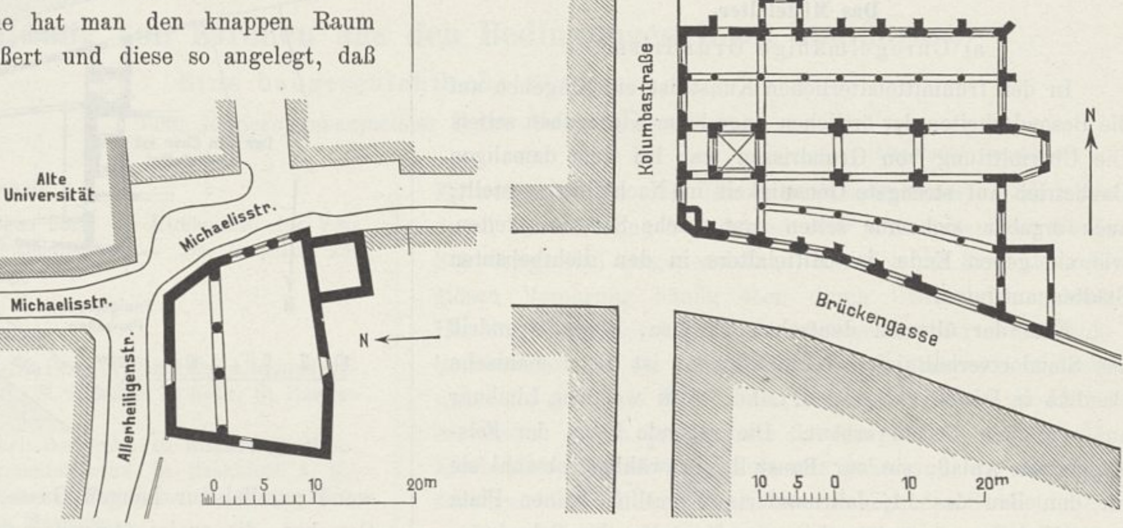


Abb. 2. Michaeliskirche in Erfurt.

Abb. 3. St. Kolumbakirche in Köln.

einen leichten Knick in der Fassade ebenfalls Rechnung. Einen reinen Raumeindruck bietet die Michaeliskirche natürlich nicht.

[Die Margaretenkirche in Aschersleben, ein ähnlich unregelmäßiger Raum, ist anscheinend nicht infolge von Beengtheit, sondern durch die Benutzung älterer Mauern, vielleicht durch die Fortführung des Baues in einem späteren Jahrhundert, nach Verschiebung der zur genauen Bestimmung der Westlinie benutzten Magnetnadelachse entstanden.]

Die genannten Kirchen, die zur genauen Ausnutzung der Baustelle solche Unregelmäßigkeiten in Kauf nahmen, haben auch in den Formen eine Dürftigkeit, die erkennen läßt, daß die Zeiten und die Gemeinden, die sie schufen, arm waren. Wenn ihr Platz in der Baugeschichte auch ein geringer ist, so verdient doch die Sachlichkeit, mit der das Notwendigste, die Raumgestaltung, trotz dieser doppelten Fessel erreicht wurde, Beachtung.

Aber auch wohlhabende Gemeinden haben im späten Mittelalter bei Kirchenerneuerungen den Grundriß sich vom Zwang der Baustelle vorschreiben lassen. In Köln unternahm die Gemeinde der alten romanischen St. Kolumbakirche (Abb. 3) um 1480 einen Ausbau, um der stark gewachsenen Mitgliederzahl Raum zu bieten. Die Baustelle, auf der die Basilika gestanden hatte, wurde westlich durch die Kolumbagasse, im Süden durch die Brückenstraße begrenzt. An der Ostseite scheint die Grenze fremdes Eigentum gebildet zu haben; das ganze Viertel war im 15. Jahrhundert schon dicht bebaut. Da die verfügbare Fläche wenig länger war wie

2) Diese Ungleichheit wird indessen durch den an die Spitze des Winkels gestellten Turm verdeckt.

breit, wurden fünf Schiffe angeordnet. Die südliche Längswand ist genau parallel zur Brückenstraße, die im Winkel zur Kirchenachse verläuft, gestellt. Der Bau weitet sich infolgedessen nach dem Chor zu beträchtlich aus, doch wird die Verbreiterung in den südlichen Seitenschiffen ausgeglichen. Diese werden an der Westseite so schmal, daß sie in der Fassade zu einer Achse vereinigt sind. Im Innern wird diese Zuspitzung durch die Orgelempore geschickt aufgenommen. Außerdem ist die Platzfläche vermehrt durch Seitenemporen, die in die äußeren Schiffe eingebaut sind, und deren Brüstungen, wie wir das schon bei verschiedenen Kirchen sahen, die Schiefwinkligkeit zu verdecken helfen. Wie bei der Leonhardkirche in Frankfurt a. M. (s. S. 218) wird das Mittelschiffgewölbe jederseits durch nur zwei Pfeiler, die von großen Halbkreisbögen überspannt werden, getragen; die äußeren Seitenschiffe mit den Emporen dagegen durch je fünf Rundschäfte. Die Formen beider Stützen, die die letzte Entwicklungsstufe der Gotik zeigen, sind auffallend schlank in ihren Abmessungen und lassen die Absicht erkennen, den Raum dem Lichteinfall möglichst unbehindert zu öffnen. Das Netzgewölbe zeigt — wie bei der Frankfurter Karmeliterkirche (S. 201) — seine Einpassungsfähigkeit in Räume mit ungleich stehenden Stützen. Die Bauformen sind also in hohem Maße aus den besonderen Bedingungen des Bauwerks gebildet. Die Zahl der Plätze ist eine verhältnismäßig große. Die Strebepfeiler mußten an der Brückenstraße, da man an die Straßenflucht mit der Außenmauer herangegangen war, nach innen verlegt werden; die Nordwand hat äußere Strebepfeiler.

Ähnlich fügt sich die dreischiffige Emerankirche in Mainz (Abb. 4) mit der südlichen Langseite genau einer kleinen Krümmung, die die vorbeiführende Emerangasse hier macht, an. Auch bei diesem Bau handelt es sich um die in spätgotischer Zeit erfolgte Erweiterung einer älteren Kirche im Herzen der Stadt. Im übrigen ist der Bau regelmäßig, die schräge Stellung der Außenmauer kommt im Innern kaum zur Erscheinung.

Es mag zunächst verwunderlich klingen, daß eine mittelalterliche Kirche sich einer Straßenflucht in dieser Genauigkeit anpaßt, wo man durch Zurücksetzen leicht einen regelmäßigen Baukörper gewonnen hätte; daß aber in der Tat auf äußerste Platzausnutzung ausgegangen wurde, beweist die Art, wie erstens diese Mauer nach der Straße zu ganz glatt, ohne irgend eine Vorlage, aufgeführt ist, obwohl der Schub ziemlich flach gespannter Gewölbe aufzunehmen war, und wie zweitens die Sakristei, zur Vergrößerung des Platzes zweigeschossig angelegt, die Mauerflucht des Seitenschiffes ununterbrochen fortsetzt. Die Emeranstraße ist römischen Ursprungs, sie ist das Mittelalter hindurch eine wichtige Verbindungsader zum Rhein gewesen, dies mag weiter erklären, daß die Baufluchten bei dem Wert der Baustellen sich schwer verschieben ließen. Auch hier gab man unter dem Zwang der Enge die Ostrichtung auf, die der romanische Bau besessen hat.

Bettelordenkirchen.

Bescheidene Ansprüche wurden im Kirchenbau von den Bettelorden gestellt, die ihre volkstümliche Tätigkeit in das Innere der dichtbebauten Städte legten, dabei — wenigstens in den ersten Jahrzehnten — meist mittellos waren und vielleicht auch die evangelische Dürftigkeit, die sie predigten, in ihren Kirchen zum Ausdruck bringen wollten. Die Minoritenkirchen Deutschlands sind besonders oft unregelmäßigen Baustellen angepaßt.

Die um 1300 in Straßburg beim Fischerstaden erbaute Wilhelmiter-Kirche hat eine sehr langgezogene schmale Grundrißgestalt (Abb. 5). Das Viertel jenseit des Flusses war damals erst wenig bebaut; die den Baublock einfassenden Straßen, die Wilhelmergasse und die Krutenaustraße, bestanden jedoch schon als Verbindungswege. Die Kirche wurde an die Ecke, auf die man von der Stadt kommend stößt, gestellt; auf die genaue Ostrichtung mußte zwar verzichtet werden, aber der Eingang zur Kirche konnte nach der Stadt zu gelegt werden, und der Hauptteil des Grundstücks blieb bei dieser Stellung zusammenhängend für die Zwecke des Klosters. Die beiden Gassen, welche die Grundstücksgrenze bilden, schneiden sich in spitzem Winkel. Um diesen für die Gestalt des Kirchenraumes etwas auszugleichen, wurde sowohl die Eingangswand, wie die Längswand, letztere nur von der Mitte ab, gegen die Kirchenachse geknickt, um die Ecke dem rechten Winkel anzunähern. Die gleichwohl noch verbleibende Schiefheit wurde dann nach dem Innenraum zu ganz beseitigt, indem genau senkrecht zur Kirchenachse eine Bogenwand gestellt wurde, die eine Vorhalle abschneidet.

Natürlich kamen die Bettelorden bei ihrem schnellen Wachstum oft in die Lage, ihre Kirchen zu vergrößern. Verhältnismäßig einfach waren bei der Minoritenkirche in Bonn die Hemmungen; der dreischiffige Raum konnte

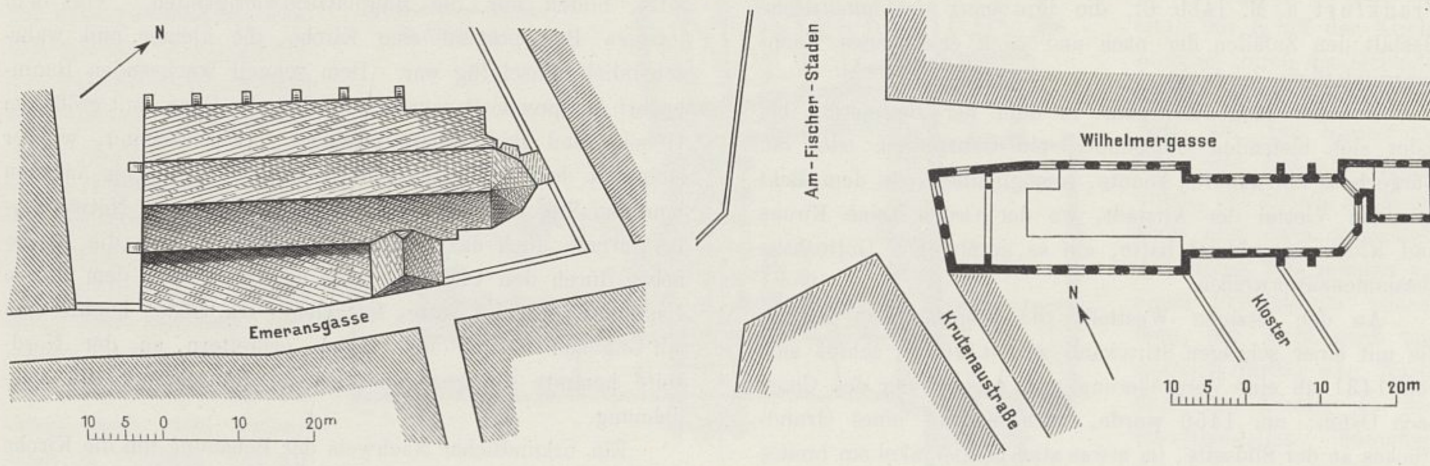
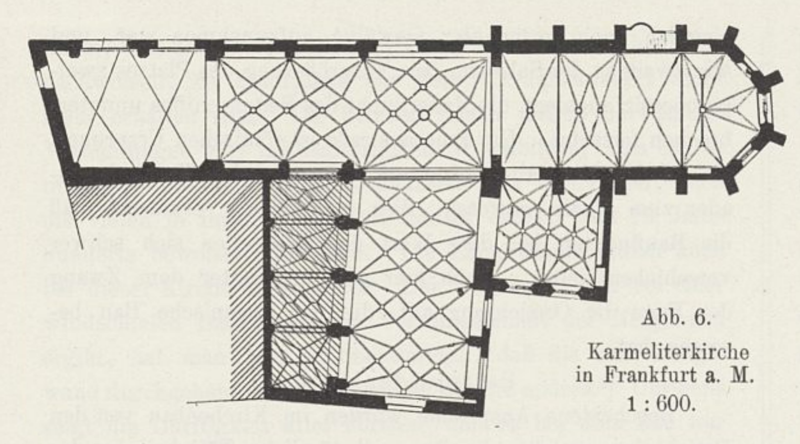


Abb. 4. Emerankirche in Mainz.

Abb. 5. Wilhelmiter-Kirche in Straßburg.


Abb. 6. Karmeliterkirche in Frankfurt a. M. 1 : 600.

nach Westen verlängert werden, wenn man die eine Ecke in der Flucht der vorbeiführenden Brüdergasse abschrägte.[3])

Viel stärker eingekeilt war die Karmeliterkirche in Frankfurt a. M. (Abb. 6), die ihre ganz unsymmetrische Gestalt den Zufällen der nach und nach erworbenen Nachbargrundstücke verdankt.

Nur der lange Zeitraum, in dem der Bettelorden bei jeder sich bietenden Gelegenheit ein Grundstück oder ein Bürgerhaus hinzukaufen konnte, ermöglichte es, in dem dicht bebauten Viertel der Altstadt, wo der Orden seine Kirche und Kloster gegründet hatte, ein so geräumiges Gotteshaus zusammenzuschweißen.

An den jetzigen Westteil, die ursprüngliche Kirche, die mit einer schrägen Stirnwand gebaut wurde, schloß sich von 1431 ab eine Vergrößerung und Ausweitung des Chors nach Osten; um 1450 wurde, nach Ankauf eines Grundstückes an der Südseite, im etwas stumpfen Winkel ein breites Querhaus angefügt, das später, als die Gelegenheit sich bot, durch ein Seitenschiff erbreitert wurde. Zu bewundern ist an diesem durch den Zwang der Verhältnisse erklärlichen Bau die Geschicklichkeit, mit der die neuen Teile angefügt sind, besonders in den Gewölben, die sich scheinbar zwanglos zwischen ungleich stehende Stützpunkte einspannen. Der Raumeindruck ist durchaus nicht unwürdig.

In Oppenheim haben die Franziskaner, als sie die alte bescheidene Bartholomäuskirche, etwa 1450, übernahmen und für ihre Zwecke durch einen geräumigen Chor erweitern wollten, diesen in etwas roher Weise mit einem ziemlich starken Knick der Längsachse angefügt (Lageplan Abb. 7).

3) Abbild. in Clemen, Die Kunstdenkmäler von Bonn 1905, S. 133.

Sie mußten dabei einem gegenüberliegenden Eckhause aus dem Wege gehen. Gleichwohl wurde durch den Bau die Straße stark eingeengt, und sie beanspruchte auf die Dauer ihr Recht. Hausecke wie Kirche mußten durch starke Prellsteine geschützt werden. Auch die äußere Erscheinung dieses Winkels, das Platzbild, ist höchst unglücklich. Die Dürftigkeit der Anlage zeigt, wie geringe künstlerische Ansprüche die Bettelorden vielfach stellten.

Indessen haben Bettelmönche die Aufgaben, die sich ihren Kirchenbauten bei dem starken Eweiterungsbedürfnis ergaben, auch in großzügigerer Weise bewältigt.

Die Dominikanerkirche in Dortmund ist ein ungewöhnlicher Hallenbau, dessen nördliches Seitenschiff knapp ein Drittel so breit ist wie das südliche (Abb. 8). Die Erklärung dieses Grundrisses, der an sich keinerlei Vorzüge besitzt, bilden nur die Bauplatzschwierigkeiten. Vor dem jetzigen Bau bestand eine Kirche, die kleiner und wahrscheinlich einschiffig war. Dem schnell wachsenden Raumbedarf entsprechend wurde zunächst der Chor, mit größerem Höhen- und Breitenmaß, erneuert. (Ein Zustand, wie er sich u. a. bei der Dortmunder Reinoldikirche bis auf den heutigen Tag erhalten hat.) Als sich dann die Notwendigkeit ergab, auch das Schiff zu vergrößern, war die Längsachse durch den Chor, der sich seinerseits nach dem älteren Langhaus gerichtet hatte, festgelegt. Im Süden konnte man auf eigenem Grund und Boden erbreitern, an der Nordseite hemmte die gegenüberliegende Häuserwand die Ausdehnung.

Ein urkundlicher Nachweis der Bebauung um die Kirche zur Zeit ihrer Erweiterung läßt sich hier wie bei den meisten der besprochenen mittelalterlichen Kirchen nicht bringen, da die Bürgerhäuser aus dem 13. Jahrhundert völlig verschwunden sind und den Stadtplänen bis zum 15. Jahrhundert, wo sie überhaupt vorhanden sind, hinreichende Genauigkeit fehlt. Die Einwirkung der Lage auf das Bauvorhaben ergibt sich zunächst aus den Formen des Grundrisses; sie wird bestätigt durch die enge Bebauung der Straße, wie sie sich bis ins 16. Jahrhundert hinauf verfolgen läßt.

Heute freilich sind die früheren Baufluchten der Schwarzbrüdergasse infolge der umfassenden Niederlegungen kaum noch kenntlich. Die Straßenbreite war im 18. Jahrhundert gegenüber dem Kirchenschiff kaum sechs Meter. Die Gasse ist ihrer Lage nach eine der Verbindungen im ältesten

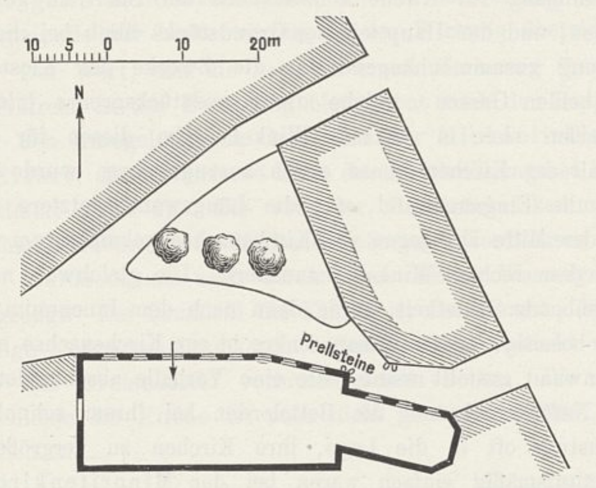


Abb. 7. Minoritenkirche (St. Bartholomäus) in Oppenheim.

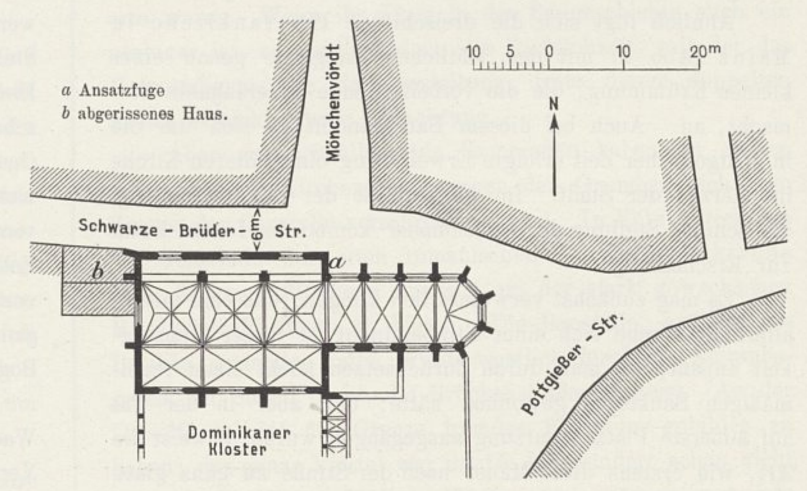


Abb. 8. Dominikanerkirche in Dortmund.

Teil der Stadt. Sie bestand zweifellos schon zur Zeit des Ausbaues der Kirche und zwang dazu, die nördliche Außenmauer nicht weiter herauszusetzen. Auf das Seitenschiff wollte man an der Nordseite nicht ganz verzichten, einmal um den Raum voll auszunutzen und dann um die landübliche Form des späteren westfälischen Hallenbaues von drei Jochen zu drei Schiffen zu erhalten. Die Mittelachse war durch den Chor gegeben.

Den ungleichen Schub der Gewölbe mußte der Baumeister auf besondere Art aufnehmen, bei den bedeutenden Abmessungen ist diese Aufgabe freilich nicht ganz gelungen. Die Pfeiler des Mittelschiffes bekamen bei der ganz ungleichen Breite der Seitenschiffe verschiedene Schubbeanspruchung. Die südlichen Pfeiler, bei denen dem Schub des Mittelgewölbes ein ähnlich starker entgegenarbeitete, konnten als Rundpfeiler mit kleinen Vorlagen gebildet werden. Die nördlichen Pfeiler, bei denen das Seitenschiff so geringe Schubwirkung ausübt, mußten die ungleichen Kräfte durch einen stärkeren Querschnitt aufnehmen. Die Pfeiler sind rechteckig und haben nach dem Seitenschiff zu Vorlagen, die wie Strebepfeiler wirken. Die Vorlagen hören in Kämpferhöhe auf, was deutlich zeigt, daß sie nicht etwa zum Aufnehmen von Gurten der Seitenschiffstonne bestimmt sind. Daß die Nordpfeiler, deren Querschnitt 120 · 170 cm beträgt, ihre größere Abmessung in der Längsrichtung haben, war nun wieder Rücksicht auf den Raum des Seitenschiffs, der sonst sehr beengt worden wäre.

So sind die besonderen statischen Bedingungen einer ungewönlichen Aufgabe richtig erfaßt; und wenn die geräumige Halle der Kirche gleichwohl heute von schweren, wenig schönen Ankern durchzogen ist, so liegt das wesentlich an einem anderen Grunde. Die Baumeister verzichteten wegen der Enge der Gasse darauf, den Druck des Seitenschiffsgewölbes durch vorgelegte Strebepfeiler an der Außenwand abzuleiten. Sie glaubten bei der geringen Gewölbebreite hierauf verzichten zu können und gewannen damit an dieser beengten Seite möglichst viel Platz für den Kirchenraum. Die nördliche Mauer aber hat sich, da sie in ihrem Verband auch durch hohe Fenster zerschnitten war, nach außen herausgedrückt und mußte durch Zuganker gehalten werden.

Der Schiffsraum ist in dieser unsymmetrischen Gestalt aus einem Guß entstanden; nicht ist eins der Seitenschiffe nachträglich verbreitert oder eingeschränkt worden. Das zeigt deutlich der Bestand des Mauerwerks: die Westfront ist bis zum Giebel in der ganzen Breite einheitlich hochgeführt. Auch ist es nicht denkbar, daß das schmale Seitenschiff nachträglich angesetzt sei, wie man vielleicht aus der Breite der Pfeiler und Gurtbogen folgern möchte. Der so erreichte Platzgewinn wäre ein viel zu geringer gewesen, um die Arbeit eines solchen Umbaues zu lohnen; außerdem hätte bei einer zweischiffigen Anlage an der Nordwestecke des Hauptschiffes ein diagonal gestellter Strebepfeiler vorgebaut werden müssen, von dem keine Spur zu bemerken ist.

Ungleiche Seitenschiffbreiten hat auch die Dominikanerkirche in Marburg (Abb. 9), sofern man den schmalen Gang an der Südseite überhaupt noch als Seitenschiff ansprechen will. Die beabsichtigte Andeutung eines solchen ist offenbar. Karl Schäfer, der an der Stelle des Klosters den Aulabau der Universität aufführte, hat über das ehemalige Kloster mehrfach geschrieben[4]); die Gründe für die Unregelmäßigkeit der Kirche bespricht er indessen nicht. Dem Grundriß sieht man die Einengung, die am Westende das Schiff der Kirche nördlich durch das Gelände, südlich durch den Kreuzhof fand, an. Das Kloster hat sich, wie fast alle Bettelorden, aus kleinen Anfängen nach und nach ausgebaut. Als ersten Teil müssen wir einen Predigtraum annehmen, der nicht groß und ziemlich dürftig war. Nachdem das Kloster in den Hauptbauteilen, besonders dem Kreuzgang, reicher ausgebaut war, ist der Orden nicht mehr in der Lage gewesen, den Platz für die Erneuerung des Kirchenschiffes nach Süden zu vergrößern. Der Chor, als der für die Mönche wichtigste Teil, wurde zuerst neu gebaut; das Langhaus ist nicht mehr vollendet worden. Es unterscheidet sich insofern von Dortmund, als in Marburg ein basilikaler Querschnitt vorgesehen war. „Die Südwand ist im unteren Teil in die äußere Strebepfeilerflucht gerückt und sollte sich oben nach innen übersetzen.“ (Schäfer.) Wir finden also auch hier das Einstellen des Strebepfeilers in den Raum — nicht infolge allgemeiner Gepflogenheit, sondern um Platz zu gewinnen.

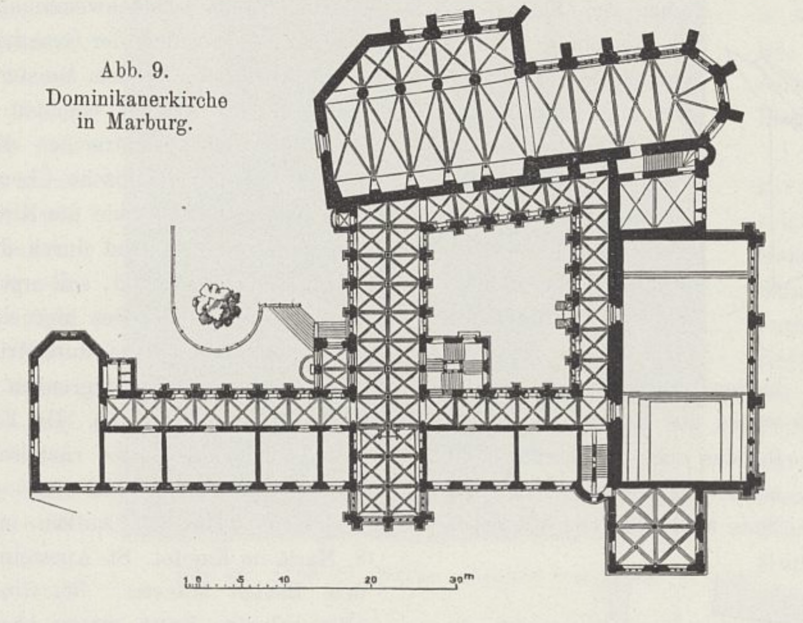


Abb. 9.
Dominikanerkirche in Marburg.

b) Lösungen in regelmäßigen Formen.

Die Baukunst des Mittelalters hat bei höheren Aufgaben stets die Regelmäßigkeit angestrebt; so wenig wie im Städtebau Unregelmäßigkeiten absichtlich angelegt wurden, so wenig im Kirchbau. Der Begriff der Regelmäßigkeit ist freilich nur der mit den Sinnen greifbare.

Das Streben nach gründlicher Platzausnutzung prägt seinen Stempel besonders dem rheinischen Übergangsstil auf. Die Anlagen von Emporen, das Öffnen des Turminnern zum Schiff sind Bildungen, die sich aus verschiedenen kunstgeschichtlichen Gründen entwickelten, die aber als Notwendigkeit erst ganz verständlich werden, wenn man den Zwang, die Enge der mittelalterlichen Städte am Rhein sich hinzudenkt. Nicht überall ist nachzuweisen, wie dieser Zwang die Bau-

4) Karl Schäfer, Von deutscher Kunst S. 143 und 382.

meister zu neuen Lösungen trieb; die alten, dichten Bürgerbezirke sind seit dem Mittelalter dauernd gelichtet. Die Beengtheit der Rheinstädtchen von Bingen bis Boppard, die sich aus der Enge des Rheintales ergab, bildete indessen eine Hemmung, die heute noch zu beurteilen ist. Sie machte sich im Kirchenbau besonders empfindlich, da sich das Tal in nord-südlicher Richtung erstreckt, also da am wenigsten Raum gibt, wo der nach Osten gerichtete Langhausbau sein Hauptmaß benötigt. Die Pfarrkirche in Bacharach und die Stiftskirche in St. Goar zeigen in allen Teilen die Absicht, der eingezwängten Lage möglichst viel Fläche für die Gemeinde abzugewinnen. Sie haben sehr geräumige Emporen und einen zum Innern hin völlig geöffneten Turm. Die Bacharacher Baustelle (Abb. 11) war zudem durch die einmündende Hunsrückstraße auch an der Nordseite begrenzt. Die Straße konnte wegen des Baches, der neben ihr das enge Tal herabkommt, nicht verlegt werden. An dieser Seite sind alle Teile des Baues,

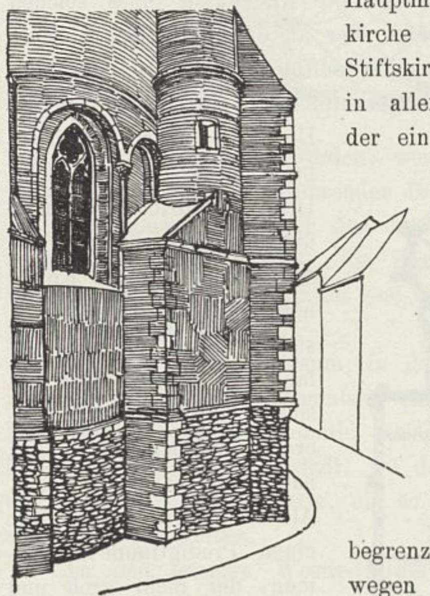


Abb. 10.
Pfarrkirche in Bacharach.
Chor. Nordostecke.

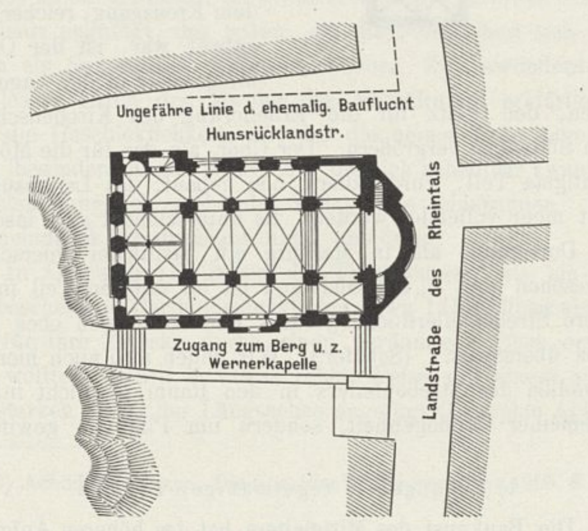


Abb. 11. Pfarrkirche in Bacharach.

das Querhaus, das mit Emporen versehene Seitenschiff in eine Flucht gerückt, wie sie die Hunsrückstraße vorschrieb. An der Westseite ist der Turm so dicht an den Berg gerückt, daß er nicht im Erdgeschoß, sondern im Obergeschoß einen Eingang hat. Die Chorapsis aber ist, um die östlich vorbeiführende Hauptstraße, die Landstraße des Rheintales, nicht zu sehr einzuengen, nicht im vollen Halbkreis, sondern als Kreisabschnitt gezeichnet! Auch die Treppentürmchen an der Vierung, welche in ihrem oberen Teil als regelmäßige Rundformen herauswachsen, legen sich unten mit ihrer Mauermasse in ungewöhnlicher Weise in den Zwickel, sowie sie sich dem Baukörper, möglichst wenig hervortretend, anschmiegen. Der Baumeister mochte darauf bedacht sein, daß er verstärkende Mauerwerkmassen da einlegte, wo sich ihm eine tote Fläche bot, da der Bau allgemein ziemlich schwach abgesteift ist. Daraus erklären sich diese ungewöhnlichen, wie zur Seite geklappte Strebepfeiler aussehende Mauervorlagen an der Apsis. Am nördlichen Seitenschiff ist die gewölbetragende Stirnmauer nicht nur ganz ohne Vorlage gemauert, sondern sogar dem Verkehr zuliebe im unteren Teil an der Ecke unterschnitten (Abb. 10). (Nach dem Aussehen des Mauerwerks ist diese Abschrägung nicht nachträglich ausgeführt, sondern alt.) Die Baustelle war auch in Bacharach durch einen Altbau festgelegt; indessen wäre in dem beengten Städtchen eine ausgedehntere auch nicht zu finden gewesen, wenn man berücksichtigt, daß die unteren Viertel früher Überschwemmungen mehr ausgesetzt waren wie heute. Trotzdem der Grundriß eine derartig geschlossene Form vorschrieb, ist dem Meister im Aufbau mit dem wenigstens in der Ansicht betonten Querschiff, dem stattlichen Turm und den Chortürmchen die lebhafte Gruppierung gelungen, die der rheinische Übergangsstil liebt.

Auf die Frage, wie die Kirchen in der Grundrißbildung beeinflußt worden sind durch die Absicht einer bestimmten Wirkung im Städtebild, soll erst im zweiten Teil eingegangen werden. Es muß indes hier ein Bau erwähnt werden, bei dem sich diese Frage durchdringt mit der Grundrißbeeinflussung durch Bauplatzgrenzen, nämlich Groß-St.-Martin in Köln (Abb. 12 u. 13). Die Kirche ist eine der berühmten Dreikonchenanlagen des rheinischen Baustils. Um den besonderen Bauwillen, der hier waltete, sich klarzumachen, vergleiche man den Aufbau mit den Kleeblattchören von S. Maria im Kapitol, St. Aposteln in Köln, St. Quirin in Neuß, dem Bonner Münster. Bei Groß-St.-Martin ist im Aufbau alles auf eine Karte gesetzt, den Anblick von Osten. Hier sind alle Register gezogen. Eine fünfzackige Turmmasse steigt ragend aus den umdrängenden Dächern der Bürgerhäuser empor (Abb. 12). Die Westfront ist im Gegensatz dazu von erstaunlicher Einfachheit, einer Dürftigkeit, wie sie bei keinem andern Bauwerk des Übergangsstils vorkommt. Dieser Aufbau ist durchaus aus den Bedingungen seines Standortes entworfen. St. Martin steht nahe am Ufer, sein Äußeres konnte in Beziehung treten zum ganzen Stadtbild, konnte allen zu Schiff Ankommenden ein Wahrzeichen der wachsenden Größe Kölns sein. Das aber wollte der Meister; davon ging er aus. Der dunkle, von vielen Bogenöffnungen lebendig gegliederte Turm ragt noch heute, wo spätere Riesentürme, hochgespannte Eisenbrücken und die ganze riesige Ausdehnung der heutigen Großstadt die anderen Zeugen jener Zeit erdrücken, als ein untrennbares Stück des Stadtbildes.[5])

Die Westfront und die Langseiten dagegen sind dem Anblick von der Stadt her durch Häuser entzogen; sie sind es heute, und daß sie es zu Beginn des jetzigen Ausbaues von Groß-St.-Martin schon waren, bezeugen die in die Südwand eingemauerten Reste der Brigidenkapelle, die zusammen mit ihrem Kloster diese Seite verdeckte. Der bedeutende Unterschied zwischen beiden Teilen ist schon aus dem Grundriß abzulesen; es ist daher wichtig, festzustellen, daß der Klee-

5) Die St. Apostelkirche, deren Kleeblattchor etwa gleichalterig ist, kommt ihrem Standort nach für das Stadtbild vom Rhein kaum in Frage. Sie ist daher im Aufbau — mit Westturm und Chortürmchen — so entworfen, daß sie nur in ihrem Stadtviertel — und zwar von verschiedenen Seiten aus — wirkungsvolle Bilder bietet.

blattchor und das Langschiff des jetzigen Baues gleichzeitig ausgeführt sind.[6]) — Um diesen reichen Turmhelm über die Vierung stellen zu können, mußte der Baumeister den Kleeblattchor anders, tragfester ausbilden, wie bei den anderen Dreikonchenkirchen geschehen. Das war auf zwei Arten möglich: entweder konnte der bedeutende Schub der Stirnbögen durch Vorlagen, starke vor die Ecken gestellte Türme aufgenommen werden, oder — wenn dies aus Platzmangel sich nicht machen ließ — die Schubkräfte konnten durch eine durchgehende Verstärkung der ganzen Mauerringe aufgenommen werden. Dieser zweite Weg ist gewählt: die drei Konchen von Groß-St.-Martin haben eine ganz andere Mauerstärke wie die der andern genannten Kirchen. Auf die statische Mitwirkung von Ecktürmen wurde indes nicht ganz verzichtet: nach der Westseite zu konnten sie, ohne besonderen Platz zu beanspruchen, auf das erste Joch der Gewölbe, welches zu diesem Zwecke besonders geformt wurde, aufgesetzt werden; nach Osten sind die Ecktürmchen von so beschränkter Grundfläche, daß sie nur den toten Winkel zwischen den Halbkreisen ausfüllen.

Abb. 12. Groß-St.-Martin. Ansicht vom Rhein.

Die Schale, die den Raum umschließt, tritt auch im Äußern trotz der reichen Gruppierung über eine gewisse, deutlich wahrnehmbare Grenzlinie nicht hinaus. Ob eine Einengung zur Zeit der Erbauung des Kleeblattchores bestand, läßt sich nicht nachweisen, es ist aber mindestens wahrscheinlich. Als der Chor um 1200 einem älteren Langhaus angefügt wurde, bestand die Kirche schon um 250 Jahre und war dicht mit Häusern umbaut. Die drei Halbkreise gingen über die Masse des alten romanischen Chores erheblich hinaus; sie müssen also an die Bürgerhäuser nahe herangetreten sein. Wie schwierig die Bauplatzverhältnisse an der Westseite waren, beweist die Tatsache, daß der Turm der verschwundenen Brigidenkapelle ins südliche Seitenschiff eingebaut wurde, und wegen der Eigentumsgrenze die zwei westlichen Joche schmäler gemacht werden mußten wie alle übrigen. So bildet der Dreikonchenchor das künstlerische Mittel, das der Meister von Groß-St.-Martin zur Erreichung seiner Endabsicht schöpferisch verwendet hat.

Er packte die verschiedenen Forderungen, die der Bauplatz stellte, zusammen und schaffte aus ihnen ein Werk, das jedem in seiner Schönheit unvergeßlich ist, als geistige Arbeit aber erst recht verstanden wird aus den Bedingungen des Standortes.

Die Kirche S. Maria in Lyskirchen in Köln (Abb. 14 bis 16) zeigt in ihrer Anlage verschiedene Maßnahmen, die die Enge ihres Standortes verlangte. Sie wurde unter Benutzung einer älteren Krypta, also an Stelle einer früheren kleineren Kirche, im Jahre 1220 ausgeführt. Die Krypta stand mit ihrer aus schweren Basaltblöcken gemauerten Apsis dicht am Rheinufer; sowohl die Festigkeit des alten Mauerwerks wie die Uferlinie waren Anlaß, bei dem Neubau nach dieser Seite die Bauflucht nicht weiter herauszuschieben. An der Westseite begrenzte die Baustelle die damals schon von Fischhäusern bebaute Straße, die heute nach der Kirche ihren Namen hat. Zwischen diesen knappen Grenzen wurde die Kirche dreischiffig, dreijochig, von etwa quadratischer Form gebaut. Einer Vergrößerung des Baues in die Breite werden keine Schwierigkeiten entgegengestanden haben, da an den Langseiten Nebengebäude oder Teile eines Kirchhofes waren, die beim Neubau benutzt werden konnten.

Abb. 13. Groß-St.-Martin in Köln.

(Nach Clemen, Bau- und Kunstdenkmäler der Stadt Köln.)

Um auch in der Längsrichtung für den Raum unter diesen Schwierigkeiten das Äußerste herauszudrücken, stellte man die Westmauer so genau an die Straßenflucht, daß sie zur

6) Clemen, Die Kunstdenkmäler der Stadt Köln II, 1911, S. 356.

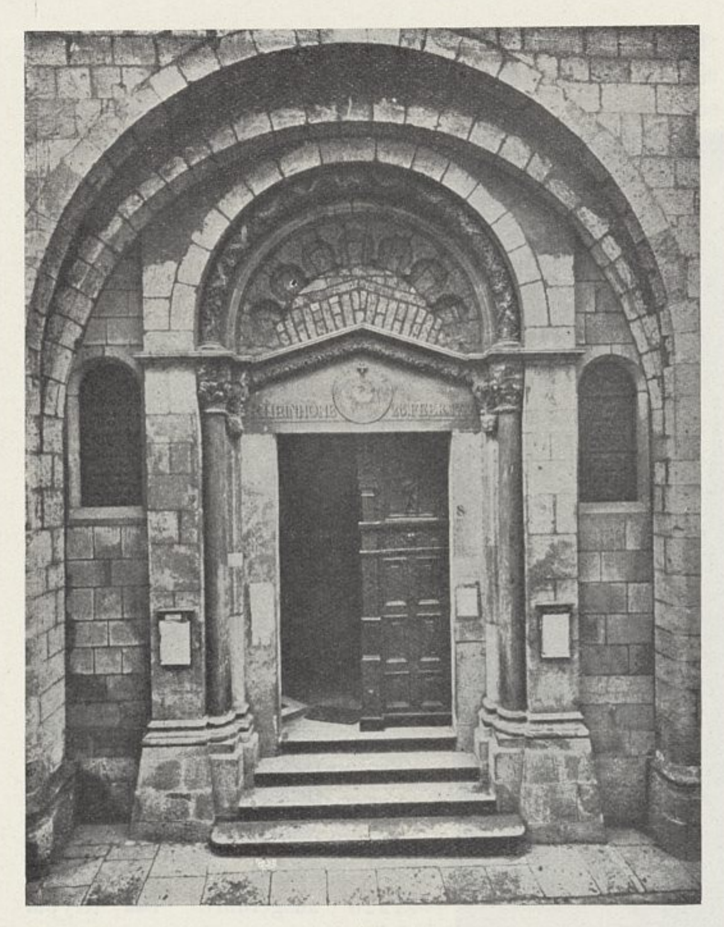


Abb. 14. Westportal.
(Nach Clemen, Bau- und Kunstdenkmäler der Stadt Köln.)

Abb. 14 bis 16.
S. Maria
in Lyskirchen
in Köln.

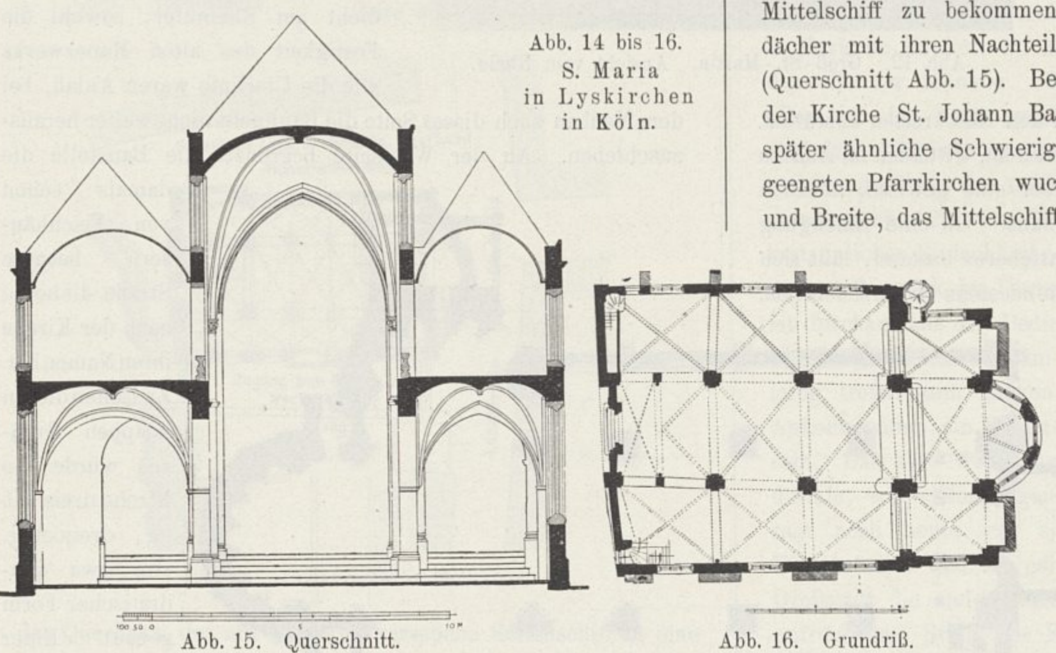


Abb. 15. Querschnitt. Abb. 16. Grundriß.

Kirchenachse etwas schräg steht und auch einen kleinen Knick, den die steile Gasse schon damals haben mochte, in sich mitmacht. Vorlagen an der Außenwand sind vermieden, und mit großem Geschick ist dem Portal eine kräftige Gliederung gegeben, ohne vor die Bauflucht vorzugehen oder sie zu tief in den Raum hineinzuziehen. Die Mauer war in ihrer Dicke so sparsam angelegt, daß sie ihrerseits eine tiefere Gliederung nicht hergab; außerdem war eine Nische, die den Zugang ein wenig von der engen Straße zurücklegte, sehr erwünscht für die Besucher. Aus diesen Gesichtspunkten ist die Portalarchitektur sehr gewandt behandelt. Ein Rücksprung, von zwei tragenden Bogen überspannt, bildet eine Nische, in der das Portal zunächst vortritt, um sich mit Säulen und Gewände wieder zu vertiefen (Abb. 14). Während das Portal so reich ausgestattet wurde, ist die Fassade im übrigen einfach, da Gliederungen doch bei dieser Enge wenig zur Geltung gekommen wären.

Das Streben nach Raumausnutzung zeigt sich im Innern der Kirche in der Anlage breiter Emporen, die auch an der Westseite herumgeführt sind. Die Enge der Treppen ist nicht ungewöhnlich, indes sind die Emporentreppen sehr geschickt dazu benutzt, die Schräge der Frontmauer, die sich bei den Gewölben der Seitenschiffe in einer verschiedenen Größe der ersten Joche bemerkbar machen mußte, auszugleichen, indem die nördliche Treppe in einer geschlossenen Wangenmauer sitzt, die südliche offen vorliegt. Die Seitenschiffemporen mußten bei ihrer Breite auch eine Höhe erhalten, die über die übliche Höhe basilikaler Seitenschiffe hinausging. In diesem Punkt ergaben sich die gleichen Schwierigkeiten, die wir weiterhin immer wieder treffen bei Kirchen, die durch ihre Beengtheit zu Verbreiterungen und zu Emporenbauten gedrängt wurden. Der basilikale Querschnitt versagte hier. Bei S. Maria in Lyskirchen verzichtete der Meister auf Einwölben der Seitenschiffe im Obergeschoß und wölbte nur den Fußboden der Empore. Die Gewölbe in Höhe der Emporendecke hätten einen so starken Schub nach außen gegeben, wie man ihn damals aufzunehmen noch nicht gelernt hatte. Aber auch bei Benutzung einer hölzernen Decke (sie war ursprünglich wohl flach) mußte der Baumeister, um basilikales Licht ins Mittelschiff zu bekommen, über den Seitenschiffen Satteldächer mit ihren Nachteilen für die Entwässerung anlegen (Querschnitt Abb. 15). Beim Ausbau der Kolumbakirche und der Kirche St. Johann Baptist in Köln (s. u.) ergaben sich später ähnliche Schwierigkeiten: die Seitenschiffe der eingeengten Pfarrkirchen wuchsen infolge der Emporen an Höhe und Breite, das Mittelschiff wurde nicht entsprechend erhöht, dadurch wurde der Dachanschluß der Seitenschiffe und die Lichtzufuhr zum Mittelschiff erschwert.

Das Problem eines Kirchenbaues auf beengter Höhe ist in Deutschland in hervorragender Weise beim Limburger Dom (Abb. 17 u. 18) gelöst. Es mag etwas kühn erscheinen, gegenüber den eingehenden und vorzüglichen Untersuchungen, die über Limburg vorhanden sind[7]), mit einer neuen Ansicht hervorzutreten, wenn man nicht Fachmann auf dem Gebiet mittelalterlicher Bauformen ist. Aber wer sich den unvergleichlichen Anblick des Limburger Domes ins Gedächtnis ruft, der aus dem Felsen aufwächst wie eine Gralsburg, wird zugeben, daß auf der Nord- und Ostseite bis scharf an den Rand der verfügbaren Felsplatte herangegangen ist, daß sogar an einigen Stellen die Mauern tief heruntergeführt werden mußten. Die West-

7) Dehio u. v. Bezold, Kirchliche Baukunst des Abendlandes. Luthmer, Bau- und Kunstdenkmäler des Lahngebietes. H. Kunze, Die Stiftskirche St. Georg in Limburg in der Zeitschrift für Geschichte der Architektur 1911.

türme aber, der älteste Teil des heutigen Baues, sind der alten Basilika angefügt, ehe noch Abmessung und Plan des Neubaues festgestanden haben mögen.

Für die Anlage des jetzigen Baues wären nach der Ansicht von Kunze, die darin mit den bisher geltenden (Borrmann u. Neuwirth, Geschichte der Baukunst II) übereinstimmt, rheinische Vorbilder, besonders Andernach maßgebend; der Aufbau und die Vollendung sind unter unmittelbarem Einfluß von Laon erfolgt. Nun hat aber Andernach ein Joch mehr wie das so sichtlich zusammengedrängte Langhaus von Limburg, und die Türme sind hier weit stärker wie bei den Vorbildern zum Raum hin geöffnet, beides Bildungen, die sich aus der Beengtheit erklären.

Eine kleine Unregelmäßigkeit, die der steile Felsabfall auf der Ostseite aufzwang, ist die unsymmetrische Stellung der Strebepfeiler am Chorumgang. Außerdem stehen diese nicht entsprechend den inneren Pfeilern, sondern so, wie die Felsspalten an dieser Seite die Gründung zuließen. An der Nordseite ist durch eine hohe Futtermauer der Platz für einen Umgang um die Kirche und einen schmalen Friedhof gewonnen. Wenn man die Kanten des Felsmassivs, die durch die Friedhofsmauer im oberen Teil verdeckt sind, verlängert, kommt man etwa an die Mauer

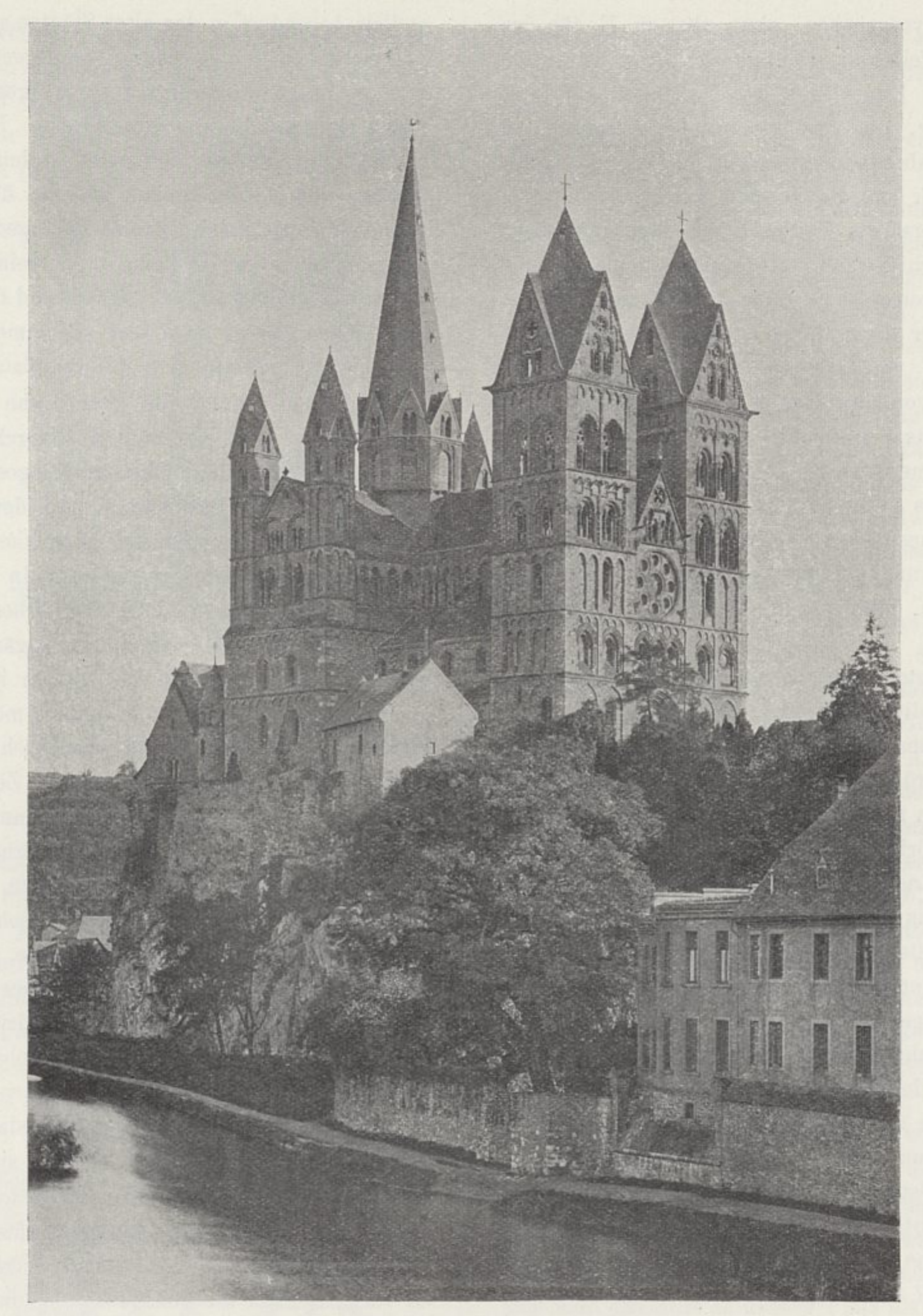


Abb. 17. St. Georg in Limburg a. d. Lahn.
(Nach einer Aufnahme der Meßbildanstalt.)

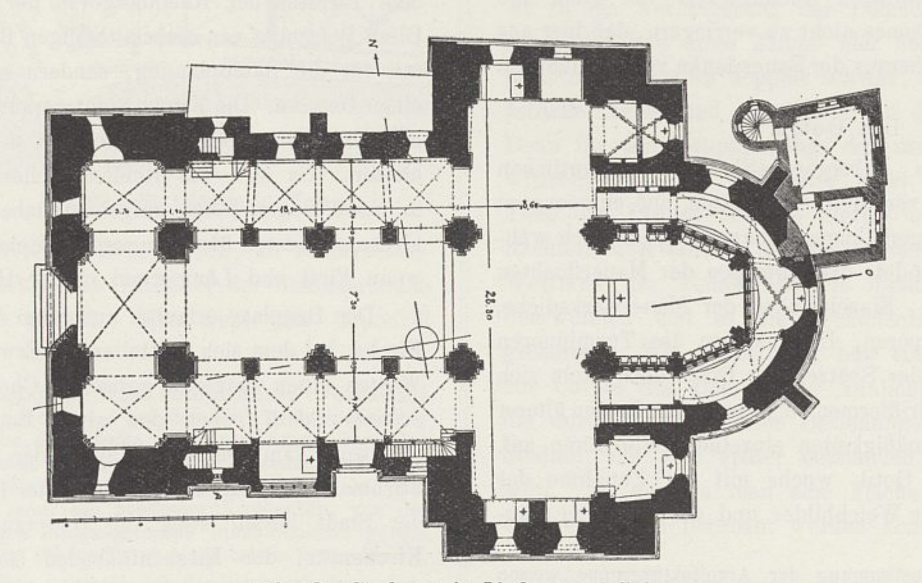


Abb. 18. St. Georg in Limburg a. d. Lahn.
(Nach Luthmer, Die Bau- und Kunstdenkmäler des Lahngebietes.)

der Nordseite. Nimmt man nun an, daß am nördlichen Querschiff die Grenze unverrückbar lag, so erscheint die Art, wie hier die Stirnmauer zum Aufnehmen des Gewölbeschubes durchgebildet ist, sehr geistvoll. Sie ist gewissermaßen ein durchgehender Strebepfeiler. Wie ein solcher ist sie durch eine Wasserschräge außenseitig im oberen Drittel kräftig abgesetzt (Abb. 17). Die Mauer hat die ungewöhnliche Dicke von 3,75 m; es sind jedoch überall da, wo die Tragfähigkeit es zuließ, Öffnungen herausgeschnitten. Im Erdgeschoß ist zwischen zwei tiefen Altarnischen ein mittlerer Pfeiler stehen geblieben. Er ist zum Aufnehmen eines Teiles der Gewölbelast notwendig, da das Gewölbe zu sechs Rippen angelegt ist, von denen sich eine auf die Mitte der Stirnwand stützt. Darüber ist die Mauer noch in drei Geschossen von Öffnungen durchbrochen: von dem Emporengang, der hier in Breite von 1,60 m aus der Mauerbreite ausgespart ist, darüber von einer Zwerggalerie und ganz oben von den Fenstern. Immerhin blieben die Ecken der ungünstigste Punkt für den Gewölbeschub bei fehlenden Vorlagen. Hier wirken nun vorzüglich die auf sie gestellten Turmpaare, die durch ihre Last wie Fialen der Drucklinie einen mehr senkrechten Verlauf geben. Kunze hat diese sta-

tische Wirksamkeit hervorgehoben, ohne aber m. E. für das Weglassen der Strebepfeiler die richtige Erklärung zu geben. Nach der Ansicht von Kunze ließ der Vollender von Limburg Strebepfeiler weg, um das romanische Aussehen zu wahren. Dem würde aber widersprechen, daß er am Langhaus, wo der Platz sich bot, die Gewölbe durch einen Strebepfeiler absteifte. Ob erst die Vollender des Neubaues diese Ausbildung der Querschiffswand vornahmen, indem sie die Mauer in der bisher gemauerten Höhe verstärkten, oder ob schon der ältere Meister diese Dicke anlegte — jedenfalls ist im Querschiff in den vorhandenen Grenzen und bei der Forderung eines massiven Gewölbes in solcher Höhe an Weiträumigkeit das Möglichste geschaffen.

Der Aufbau des Querhauses von Limburg ist eine geistreiche Abwandlung des Systems von Laon und vom Limburger Langhause, die aus den gegebenen Verhältnissen erdacht ist. Daß die Vergrößerung der Emporen auch den Platz für Sänger usw. vermehrte, wird bei der Beengtheit als wertvoll empfunden sein.

Das Fleckchen festen Baugrundes im Winkel zwischen Querhaus und Chor wollte der Meister bei dieser Enge nicht unbenutzt lassen; indem er mit dem Mauerwerk an dieser Stelle heraustrat, vergrößerte er die Nische der Seitenaltäre.

Wo man von dem französischen Vorbild abging, in dem Verzicht auf äußere Vorlagen, geschah es aus den Schwierigkeiten der örtlichen Lage und aus den gegebenen Verhältnissen heraus. Der Einwand, warum man denn mit dieser Beengtheit sich abquälte, wo nach Süden doch Raum war, ist dahin zu beantworten, daß die ältere, schmälere Basilika in der Achse der jetzigen stand, und daß man die Erneuerung stückweise vornahm zunächst unter Beibehaltung des alten Schiffes und in dessen Achse.

Und wenn — wie zweifellos — der vollendende Meister aus Laon kam — warum aus Laon? War es allgemein der Ruf eines stattlichen Bauwerkes in den neuen Formen, oder war der Entschluß des Stiftes nicht darauf vielmehr begründet, daß in jener Stadt eine Kathedrale entstanden war in ähnlicher Lage[8]), stolz auf einer Höhe, bei der man die Linien des Berges durch dicht zusammen aufstarrende Türme, wie durch ungeheure Zinnen gekrönt hatte? So vermag der Nachweis einer unmittelbaren Abhängigkeit von Laon den Ruhm des Limburger Domes nicht zu verringern, daß hier aus dem Erfassen der Lage heraus der Baugedanke verwirklicht ist.

Die Gotik.

Die während des „Übergangsstils“, des eigentlichen rheinischen Baustiles, von den Architekten auf eingeengten Baustellen vorgenommenen Umgestaltungen werden auch während der Gotik angewendet: das Anpassen der Mauerfluchten an bestehende Grenzen, Einschränken der Mauerwerksdicke, Verwenden breiter Emporen, Hineinziehen des Turminneren zum Kirchenraum. In der Spätzeit der Gotik entwickeln sich jedoch eigenartige Grundrißformen bei Erneuerungsbauten älterer Kirchen. Die Unregelmäßigkeiten einzelner Teile hören auf.

In der Zeit der Gotik wuchs mit der Zunahme der Volkszahl die Enge der Weichbilder und der Wert der Baustellen, besonders in den alten Städten am Rhein. Der Kirchenbau hatte daher hier häufig mit Erweiterungen zu tun, und wo Neubauten aufgeführt wurden, geschah es meist auf der Stelle einer älteren kleineren Kirche. In den jüngeren Städten Ostdeutschlands war dies nicht in dem Maße der Fall. Beim Neubau von Domen freilich wurden überall die Wege gefunden, den künstlerisch erfaßten Raumgedanken uneingeschränkt durchzuführen (wobei man z. B. beim Kölner Dom jeweils nur soviel an Baufläche enteignete und freilegte, wie gerade von dem neuen Riesen in Arbeit genommen werden sollte), aber Pfarrkirchen mußten sich den Bauplatzbedingungen einfügen.

Ähnlich wie bei der Pfarrkirche in Bacharach war der Bauplatz bei der gotischen Stiftskirche in St. Goar durch die geringe Breite des Rheintals eingeengt. Der heutige, um 1344 begonnene Bau kämpft mit den Schwierigkeiten, die das Beibehalten der Ostachse auch hier machte. Er schneidet im Westen mit dem Turmkörper in den Berghang hinein, und im Osten mußte unter dem Chor eine Unterkirche angelegt werden, die von außen zugänglich ist. Es ist im kleinen das Mittel, das die Kirchen italienischer Bergstädte, die auf abfallendem Gelände stehen, monumentaler ausgebildet haben.[9]) Der Grundriß ist ersichtlich in die Breite gezogen, der Chor — für einen Bau dieser Zeit — kurz, der Turm zur Hälfte in das Schiff hineingenommen. Außerdem ist die Nutzfläche durch breite Emporen erheblich vergrößert. Bei dieser Breite der Seitenschiffe mußte, wenn Emporen eingebaut wurden, vom basilikalen Querschnitt abgesehen werden. Die Kirche in St. Goar ist Hallenkirche, und wir werden weiterhin sehen, daß die Hallenform immer wieder bei den infolge von Beengtheit breitgezogenen Grundrissen auftritt. Wo aber an der basilikalen Gestalt in solchen Fällen festgehalten wird (wie bei S. Maria in Lyskirchen in Köln, Abb. 17, bei S. Kolumba in Köln), ist der Raumgedanke der Basilika jedenfalls ganz verwischt, und es ergeben sich konstruktive Mängel.

Der Baumeister der Lorcher Pfarrkirche tut dann den Schritt, der hier getan werden mußte, um dem Kirchenbau die Möglichkeiten seiner künstlerischen Wirkung zu geben: er verzichtet auf die genaue Ostung und stellt die Kirche nach der Geländegestalt von Nordwest nach Südost. Allerdings bot sich in Lorch ein Bauplatz von beherrschender Lage, eine Terrasse der Rheinberge in der Richtung des Stromes. Diese Befreiung von einer altheiligen Bauvorschrift ergab nicht nur für die Raumplanung, sondern auch für das Städtebild einen Gewinn. Die Kirche steht gerade so hoch, daß ihr Umriß noch in Zusammenhang bleibt mit den Dächern der Bürgerhäuser. Da sich die Rheinstädtchen nun am Ufer entlang in einer langen Reihe aufgebaut haben, herrscht eine Pfarrkirche am besten über den weißen Giebeln und Schieferdächern, wenn First und Längswand in der Hauptrichtung stehen.

Der Bauplatz erlaubte außerdem bei dieser Stellung der Kirche, bei dem sich einstellenden Erweiterungsbedürfnis nach Westen einen längeren gotischen Chor und nach Süden ein zweites Schiff neben den alten Bau zu stellen. An der Westseite kam man indes auch hier in Bedrängnis, da die Stirnmauer der Kirche am Rand der Hügelplatte stand. Von der Stadt herauf stieg der Hauptzugang steil bis vor die Kirchentür; der Kirchenfußboden konnte also nicht nach

8) Auf die Übereinstimmung der Architekturgruppe weisen Borrmann u. Neuwirth a. a. O. hin, ohne aber die Möglichkeit eines ursächlichen Zusammenhanges anzudeuten.

9) Dom in Siena, S. Francesco in Assisi, Montefiascone.

Westen vorgezogen werden. Dagegen konnte auf Pfeilern, die auf dem abfallenden Gelände gemauert wurden, die Kirche im oberen Teil noch verlängert werden. Es ergab sich außer der vergrößerten Empore für die Eingangstreppe eine schützende Vorhalle[10]) (Abb. 19).

Ein monumentaler Raum ist — trotz der Beengtheit der Baustelle — gelungen bei der St. Quintinskirche in Mainz, von 1288 ab in der dichtbebauten Altstadt aufgeführt (Abb. 20). Die Quintinsgasse, die die Baustelle südlich begrenzt, ist sehr alt[11]), durch Funde seit dem frühen Mittelalter nachweisbar. Der älteste erhaltene Mainzer Stadtplan stammt von 1575, gibt also über den Bestand zur Erbauungszeit keine Aufschlüsse. An der Westseite, wo heute auf dem dreieckigen Zipfel zwischen Kirche und Schusterstraße ein Haus des 18. Jahrhunderts steht, befand sich zweifellos damals ein unveräußerlicher Besitz, denn der Architekt hat mit der Möglichkeit eines Westeingangs nicht gerechnet. Um das Ungewöhnliche der glatten Mauer an Stelle des Westportals im Innern zu verdecken, legte er hierhin den Wendelstein, den er aus den unten angeführten Gründen nicht in den Turm einbauen mochte. Der Grundriß ist in allen Stücken daraufhin durchgearbeitet, den vorhandenen Platz möglichst auszunutzen. Die Grundfläche ist dem Geviert angenähert; die Pfeiler sind sehr schlank, am erstaunlichsten aber ist die volle Ausnutzung der Turmfläche für den Kirchenraum. Der Turm ist über dem ersten südlichen Joch, an beherrschender Stelle im Straßenbilde, als Blickziel der Schusterstraße und der Quintinsgasse gebaut. Man sieht dem Grundriß

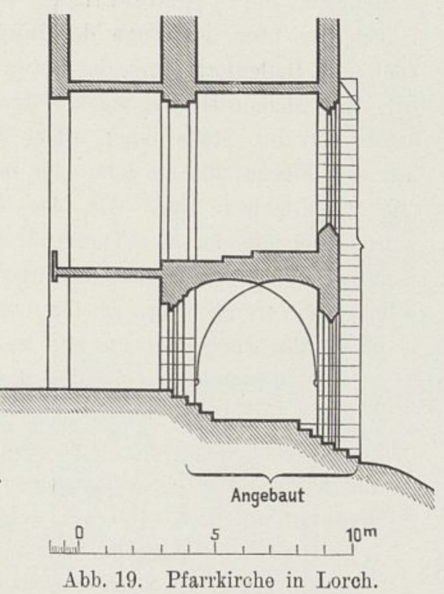


Abb. 19. Pfarrkirche in Lorch.
Schnitt durch die Eingangshalle.

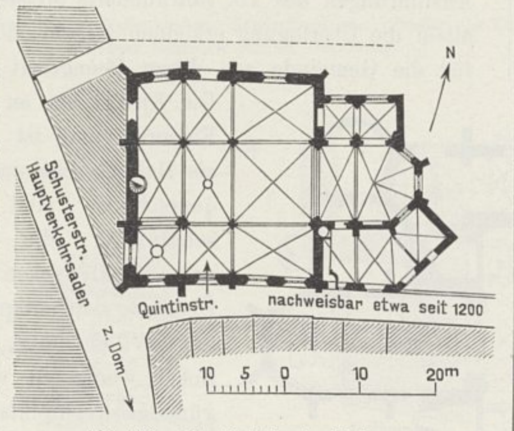


Abb. 20. St. Quintin in Mainz.

kaum an, daß dies Joch einen 40 m hohen steinernen Turm mit stattlichem Helm trägt. Beim Betreten des Raumes wird man es noch weniger gewahr, da das Gewölbe ebenso hoch eingespannt ist wie die übrigen Joche und diesen Teil zum vollwertigen Stück des lichten und freien Kirchenraums macht. Der Aufgang zum Turm mußte bei diesem Bestreben an eine andere Stelle gelegt werden; wie oben angedeutet, machte der Meister die Not zur Tugend und schmückte mit dem halb vor die Mauer tretenden, zum Innern geöffneten zierlichen Wendelstein die kahle Westwand. Für die in die Breite gezogene Grundfläche mußte sich der Hallenquerschnitt empfehlen, denn eine Basilika bedingt kräftige Tiefenentwicklung; außerdem verlangt die Basilika, mehr wie die Hallenkirche, ästhetisch den Haupteingang an der Westseite. Ob der Knick, den die Nord- und Südwand machen, durch die vorhandenen Fluchtlinien vorgeschrieben wurde, bleibe dahingestellt. Die Quintinsgasse ist nur 3,9 m breit, und man hat, unter dem Zwang dieser Enge, sogar zu dem etwas verfänglichen Mittel gegriffen, die Strebepfeiler, etwa 2 m über dem Fußboden, zu unterschneiden. Den Sakristeianbau stellte der Meister ebenfalls in die Flucht der Gasse, obschon dieser Mangel an Gliederung des Aufbaues nicht geeignet war, das an sich dürftige Äußere der Kirche zu heben. Da anscheinend ein ziemlich großer Raum für die Sakristei erforderlich war, mußte er sie zweigeschossig anlegen.

Mainz besaß früher eine Kirche, die noch größere Bauplatzschwierigkeiten überwunden hatte und aus diesem Zwang zu einer sehr eigenartigen Raumform und äußeren Erscheinung gelangt war: die Liebfrauenkirche[12]) (Abb. 22). Der Bau, der westlich des Doms stand, gehörte einem selbständigen Stift, ähnlich wie in Erfurt die Severikirche dicht neben dem Dom eine eigene Stiftskirche war. Der Bauplatz für die 1280 begonnene Liebfrauenkirche war ein denkbar ungünstiger schmaler Streifen zwischen der Ostgrenze des Dombesitzes und dem Abhang des Domberges zum Rheinufer. Von diesem Hang ist freilich heute nach Aufhöhung der Ufer und Uferstraßen wenig mehr zu merken. Wahrscheinlich hielt das Stift an diesem Platz als an einer überkommenen Stelle fest. Professor E. Neeb in Mainz nimmt an, daß man bei Anlage der Kirche besonderen Wert darauf gelegt habe, sie in die Verlängerung der Domachse zu stellen. Wenn schon der Bau einer Kirche hier überhaupt Schwierigkeiten machte, so war es doppelt schwer, ein Langhaus mit westöstlicher Achse und einem Chor an der Ostseite herzustellen. Denn für den Haupteingang, den man dem Altar gegenüber wünscht, war die Westseite nicht offen, und die geringe Tiefe des Platzes hemmte hierbei besonders. Den zweiten Nachteil überwanden die Baumeister, indem sie über den Westrand des kleinen Hügels hinaus Pfeiler stellten und überwölbten und so die Grundfläche für die Kirche vergrößerten. Wir sehen auch hier eine Beziehung zu Erfurt, zur Cavate des Doms; eine Ähnlichkeit des Baugedankens, die durch die politischen Beziehungen zwischen den beiden Städten, die erst später entstanden, freilich kaum erklärt wird. So gewann man eine Fläche, die mit drei Schiffen zu drei Jochen überbaut werden konnte. Die Kirche wurde

10) Ein ähnlicher Zugang zu einer hochgelegenen Westfassade ist — in monumentalerem Geiste — bei der Kathedrale in Le Puy ausgeführt. Auch dort ist die Kirche auf Unterbauten über den Rand der Höhe nach Westen vorgezogen. Der Stufenaufgang mündete etwa in der Mitte des Kircheninneren. Die Anlage ist jetzt geändert; früher konnte man, bei geöffneter Kirchentür, von der untersten Stufe der langen Eingangstreppe hinaufblickend gerade das ewige Licht sehen; jetzt führen Treppen auf beiden Seiten hinauf.

11) Die Angabe hierüber verdanke ich der liebenswürdigen Auskunft von Herrn Prof. E. Neeb in Mainz, der mir in allen Fragen über die Mainzer Kirchen freundlichst geholfen hat.

12) Grundriß und Ostansicht sind abgebildet in einem Aufsatz von Baum, „Drei Mainzer Hallenkirchen", abgedruckt in der Festschrift für Friedrich Schneider, 1906, S. 359.

als Hallenbau aufgeführt; denn eine Basilika von so geringer Länge würde einen sehr gedrückten Raum gegeben haben, für eine Basilika würde auch der Hauptzugang durch ein Seitenschiff von Osten her wenig würdig gewesen sein. Für einen Chor von der Ausdehnung, wie ihn ein Stift in seiner Kirche sonst zur Zeit der Gotik beanspruchte, war nun freilich trotz der Unterbauten nicht genügend Platz. Man trennte daher das östliche Mitteljoch durch Schranken für die Chorherren ab, so daß das verbleibende Kirchenschiff mehr breit war wie lang; und für den Altar wurde durch einen ausgekragten Erker, ein „Chörlein", Platz geschaffen. Damit aber der Raum für das Auge nicht zu sehr in die Breite gezogen werde, und das Ausmaß von Westen nach Osten als Hauptrichtung blieb, ordnete man tiefe innere Strebepfeiler an, deren Vorderfläche die scheinbare Grenze des Raumbildes gibt.

In dem erwähnten Aufsatz[13]) nimmt Baum an, daß auch die Bebauung der Nachbargrundstücke mit Häusern an der Nord- und Südseite, wie wir sie auf den ältesten Mainzer Stadtplänen[14]) sehen (Abb. 23), schon beim Baubeginn der Liebfrauenkirche bestanden habe, und daß sie dem Planen ebensolche Schwierigkeiten geboten hätten wie die Grenze zum Domkirchhof. Er schließt das aus den Tatsachen, daß die Mauern nach außen ganz glatt aufgeführt waren, daß an den Seiten keine Eingänge waren, und daß die nördliche und südliche Außenwand anscheinend sehr dünn waren. Was Baum als Heraussparen von Platz ansieht.

Nach dem Gesagten ist, scheint mir, eine Begrenzung an diesen Seiten aus der Baugestalt nicht abzulesen. Die Kirche nimmt in nordsüdlicher Richtung so viel Fläche ein, wie sie nur einnehmen kann, ohne als ein von Norden nach Süden gerichteter Langbau zu wirken, und es müßte doch ein seltsamer Zufall gewesen sein, daß jene Eigentumsgrenzen sich in annähernd gleichen Abständen von der verlängerten Domachse befanden. Die dünnen Außenwände sind nicht überraschend bei einem Hallenbau, dessen Gewölbelast und -schub durch tiefe Strebepfeiler getragen wird.

Im Äußeren wurde die Ostseite, bei ihrer ins Auge fallenden Stellung, aufs reichste bedacht; die übrigen Seiten scheinen von Anfang an einfach gehalten gewesen zu sein. Das Besondere der Raumgestaltung führte auch hier — scheinbar von selbst — zum Besonderen im Schmuck der Fassade. Die Arkaden des Unterbaues und das Chörlein, dazu der Eingang über einer größeren Stufenreihe, gaben dem Meister die Mittel in die Hände, ein reiches Schmuckstück zu schaffen. Aber auch auf einen Turm wollte man, trotzdem eigentlich der Platz fehlte, nicht verzichten. So wagte man es, wie bei der Quintinskirche, über einem Gewölbejoch einen stattlichen Steinturm aufzusetzen, so daß der eine Pfeiler, ohne anscheinend sehr verstärkt zu sein, noch die halbe Turmlast aufgebürdet bekam. Aus der erhaltenen Zeichnung (Abb. 22) ersehen wir, welch ein Zierstück mittelalterlicher Kunst mit diesem Bauwerk zugrunde gegangen ist, dessen Raumgestalt und äußere Schönheit in so geistreicher Weise aus den Bedingungen ihres Standortes gebildet waren.

13) Siehe Fußnote 12.
14) Mainzer Pläne: Manskopp 1575, Person 1620.

Noch eine dritte mittelalterliche Kirche in Mainz hat Hallenform, die Stephanskirche, und obwohl sie auf ihrem Hügel frei über der Enge der Bürgerviertel steht, scheint auch ihre Hallenform, mit dem etwa geviertförmigen Grundriß, von Standortsbedingungen vorgeschrieben. Die Kirche steht auf der Stelle einer alten Basilika von wesentlich kleinerer Fläche, die am Rand der nach Osten steil abfallenden Platte gebaut war. Als eine Vergrößerung notwendig wurde, hemmte der alte Turm mit seinem schweren Untermauerwerk, den man nicht beseitigen mochte, an der Westseite eine Vergrößerung, an der Ostseite war der Abhang, es blieb also auch hier nur die Verbreiterung und mit ihr der Hallenquerschnitt als Lösung des Ausbaues.

Mit sehr reichen Mitteln und in den Einzelheiten sorglich durchdacht, wenn auch ohne einen eigenen Raumgedanken ist die Erweiterung der romanischen St. Leonhardkirche in Frankfurt am Main (Abb. 21) ausgeführt.

Im Herzen der Altstadt, hart an der Ufermauer gelegen, war das alte Kirchlein durch eine stark gewachsene Gemeinde zur Ausdehnung gedrängt, durch die Beengtheit seiner Lage aber aufs äußerste behindert. An der Südseite entlang dem Mainufer führte die Stadtmauer vorbei, vor der Westseite lag ein jetzt beseitigter Torturm. Man sieht dem Erweiterungsbau, der um 1500 begann, noch an, daß gerade diese beiden Seiten keinen Vorsprung vor die Fluchtlinien zuließen.

Der Grundplan zeigt noch erkennbar die alte romanische Basilika, um die sich die Teile der spätgotischen Erweiterung wie vielkantige Kristalle um einen Kern von allen Seiten angegliedert haben. In technischer Beziehung sind diese Ausführungen des 15. Jahrhunderts Meisterleistungen, die in allem die Überlegung erkennen lassen, möglichst viel Plätze für die Gemeinde aus dieser Beengtheit herauszuschneiden. Die Kirche hat an drei Seiten breite Emporen und ist daher zweckmäßig als Hallenkirche angelegt; die Pfeilerquerschnitte sind von einer Einschränkung, die wohl nicht nur dem künstlerischen Empfinden dieser Übergangszeit entsprang, sondern auch dem Willen, den freien Raum möglichst wenig zu verbauen; und der günstige Lichteinfall ins Mittelschiff ist noch dadurch gesichert, daß hier nur zwei Pfeiler mit weiten, fast halbkreisförmigen Bogen stehen; an jeder der Seitenschiffwände dagegen drei. Die — gar nicht sehr unbequemen — Treppen sind in ihrem unteren Teil aus dem Mauerwerk herausgeschnitten und treten erst, wo sie über Kopfhöhe sind, durch Vorkragung der Steinplatten in den Raum hinein. So zierlich die Arbeiten im Innern ausgeführt sind, so reich die Steinmetzen Gewölberippen und Pfeiler profiliert haben, am Äußeren hat man jede Kunst gespart, da die Stadtmauer alle Formen überdeckt hätte. Heute, wo die

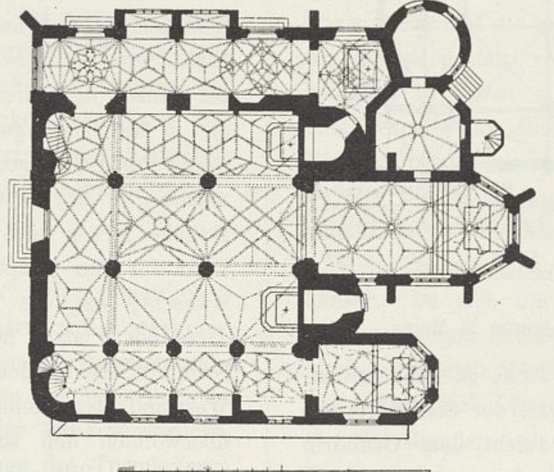


Abb. 21. St. Leonhardkirche in Frankfurt a. M.



Abb. 22. Ehemalige Liebfrauenkirche in Mainz. Choransicht.
Aquarell von Joh. Jak. Horn, 1782.

(Nach Julius Baum, Drei Mainzer Hallenkirchen. Sonderdruck aus „Studien aus Kunst und Geschichte, Friedrich Schneider zum 70. Geburtstage".)

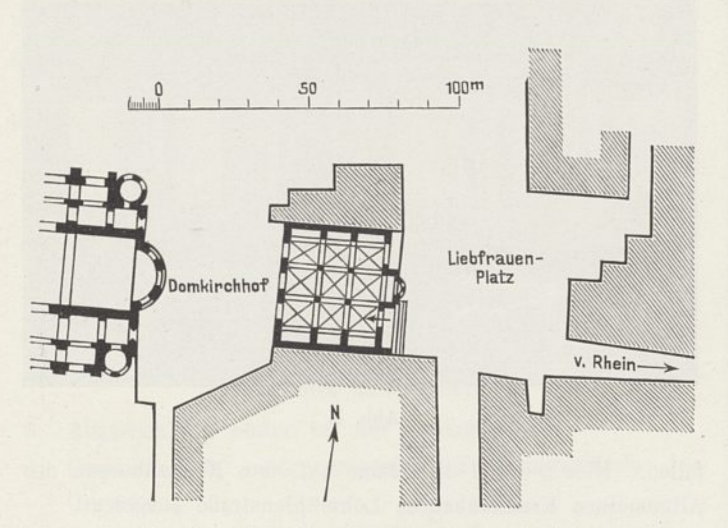


Abb. 23. Ehemalige Liebfrauenkirche in Mainz.

Mauer beseitigt ist, steht die Leonhardkirche vor aller Augen in dieser Unscheinbarkeit. Es wäre eine reizvolle Aufgabe, ihr heute den Schmuck des Äußeren zu geben, der damals mit Recht gespart wurde; vielleicht nicht durch Vorkleiden eines gotischen Systems, sondern durch davorgestellte zierliche Bauten wie Bildsäulen oder einen Altan.

Die Erweiterungen des Mittelalters an seinen Kirchen sind in den verschiedenen Jahrhunderten auf wechselnde Weise ausgeführt, wie dies der Schwerpunktsverschiebung des kulturellen und geistigen Lebens entspricht. Im zwölften und dreizehnten Jahrhundert sind es meist geräumige Chorausbauten, der wachsenden Zahl der Geistlichen dienend und zugleich ihre gewachsene Macht zeigend. Im vierzehnten und fünfzehnten dagegen sind Vergrößerungen der Gemeindehäuser häufiger, womit wohl nicht nur dem wirklichen Zuwachs der Gemeinde, sondern auch der Zunahme ihres Einflusses entsprochen wurde. Mit der Aufgabe des Gestaltens aus Bauplatzbedingungen hat dieser Wandel an sich nichts zu tun; es ist aber kennzeichnend für die freiere Schaffensweise des späten Mittelalters, daß man bei Erweiterungen von Kirchenschiffen sich häufiger nach der Baustellenform gerichtet hat wie bei Chorausbauten.

Die Vergrößerungen der Gemeinderäume sind im allgemeinen Verbreiterungen. In vielen Fällen wurde dieser Weg durch die örtlichen Verhältnisse vorgeschrieben, in andern war es die Absicht, Chor und Westturm — als die baulich wertvollsten Teile — zu erhalten. Außerdem war diese Art der Vergrößerung die billigste, besonders wenn man das Mittelschiff mit seinem Gewölbe erhielt. Nur eine Notwendigkeit ergab sich bei ihr: der basilikale Querschnitt mußte aufgegeben werden.

Der Einfluß, den dieser Vorgang auf die Verbreitung der Hallenkirche im späteren Mittelalter hat, ist noch nicht aufgeklärt, er ist aber zweifellos bedeutend, denn wir finden Hallenkirchen, die als Erweiterungsbauten älterer Kirchen entstanden, in vielen Gegenden, in denen sonst der Hallenbau nicht vorkommt.

Zu ihnen gehört die Thomaskirche (Abb. 24) in Straßburg, deren Gemeindehaus 1330 zwischen einem frühmittelalterlichen Turm und Chor zur fünfschiffigen Halle ausgebaut wurde. Dieser Ausbau ist indessen auch durch Bauplatzbedingungen beeinflußt: er ist an der Nordseite anders ausgebildet wie an der Südseite. Den Grund dieser Ungleichheit, einer Einschränkung nach Norden hin, konnte Verfasser nicht feststellen. Heute liegt ein freier Platz auf dieser Seite der Thomaskirche. Die Formen sprechen aber unzweideutig dafür, daß früher hier eine unverrückbare Grenze lag. Die starken Streben, die die hohen Außengewölbe einer Hallenkirche benötigen, treten am südlichen Seitenschiff, auf dem Gelände des Klosters, als breitausladende Pfeiler vor. An der Nordseite legen sich nur ganz schwache Lisenen vor die Mauer, dafür sind im Innern Strebepfeiler eingebaut, die das äußere Seitenschiff in Einzelkapellen teilen. Auch sind die nördlichen Seitenschiffe etwas schmaler wie die südlichen. Da die Zwischenwände ja nur den Schub der inneren Seitenschiffgewölbe aufnehmen und nicht den der äußeren Gewölbereihe, hat man außerdem die nördliche Außenmauer 1 m

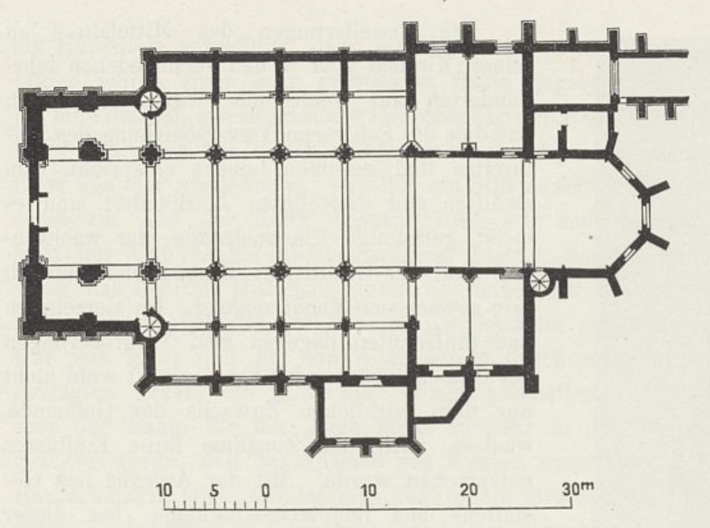


Abb. 24. St. Thomaskirche in Straßburg.

stark gemacht, während man bei der südlichen mit 0,58 m auszukommen glaubte.

So zeigt die Durchbildung der einzelnen Bauteile deutlich die Rücksicht auf eine Grenzlinie, die man sich um so leichter vorstellen kann, wenn man berücksichtigt, wie weit das heutige Langhaus gegen die früheren Außenmauern vorspringt. Eine Ausführung der beiden Seitenschiffe zu verschiedenen Zeiten kann die Ungleichheit nicht erklären, sie sind einheitlich entstanden.

Wie bei der Erfurter Severikirche (s. u.) ist das fast 32 m breite Langhaus von einem einheitlichen Satteldach gedeckt. Der Meister walmte jedoch nicht die Ost- und Westseite ab wie in Erfurt, sondern schloß das Dach an den Westturm an. Da der Turm nicht so hoch war wie der Dachfirst, mußte er bei dieser Gelegenheit aufgehöht werden.

Der Raumeindruck ist ein bedeutender und keineswegs unregelmäßig; seine Wertung wird aber noch erheblich höher, wenn man die Schwierigkeiten in Rechnung setzt, unter denen der Meister arbeitete.

Für den heutigen Architekten ist die Thomaskirche sehr lehrreich, weil sie zeigt, wie mit durchdachter Ausbildung der Einzelteile Hemmungen des Bauplatzes ausgeglichen werden und für den Sinneneindruck eine Regelmäßigkeit erreicht wird, wo sich unsere schematische Reißbrettsymmetrie oft keine Hilfe weiß. (Schluß folgt.)

Über Versuche mit Steinerhaltungsmitteln. III. Mitteilung.

Vom Prof. Dr. F. Rathgen, Chemiker bei den Königlichen Museen in Berlin.

(Mit zeichnerischen Darstellungen auf Blatt 24 und 25 im Atlas.)

Auf S. 607 bis 622 des 60. Jahrganges (1910) und S. 65 bis 82 des 63. Jahrganges (1913) dieser Zeitschrift habe ich über Versuche mit verschiedenen Steinschutzmitteln berichtet. Dort ist auch schon angegeben, daß ich durch das Kuratorium der Jagorstiftung in Berlin einen namhaften Beitrag erhalten hatte, der mir eine Ausdehnung dieser Versuche ermöglichte. — Es sind nun in derselben Weise, wie in der I. Mitteilung[1]) angegeben, prismatische, in Glaskästen liegende Steinstücke (wie die Abb. 1 zeigt) dem Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt worden, und zwar in Berlin, Köln, Schleswig und Hamburg.

Für die Wahl Kölns war die Tatsache maßgebend, daß bekanntlich dort besonders starke Verwitterungserscheinungen am Dom bemerkt werden (Zentralbl. d. Bauverwalt. 1908 S. 464 u. 472). Als geeigneter Ort, der ungefähr unter den gleichen Bedingungen steht wie der Dom, d. h. in unmittelbarer Nähe der Eisenbahn und des Rheins, wurde mir das Dach des alten Kgl. Eisenbahndirektionsgebäudes zur Verfügung gestellt.

In Schleswig, das einerseits wegen seines Seeklimas, anderseits wegen seiner reineren, an Rauchgasen viel ärmeren Luft gewählt wurde, geschah die Auslage auf der Dachbalustrade des Kgl. Regierungsgebäudes. Trotzdem die Einrichtung auch hier genau der in Berlin getroffenen entsprach, hat sie sich hier weniger bewährt, da sie unter den dort viel heftigeren Stürmen stark zu leiden hatte. Eine ganze Reihe von Steinen sind aus den Glaskästen hinaus und auf die Straße geschleudert worden, wobei sie mehr oder minder starke Beschädigungen erlitten, z. T. zerbrachen, z. T. auch nicht mehr aufgefunden wurden; daher die Lücken in den nachfolgenden Tabellen.

1) Über das Nähere, wie Größe, Befestigung der Steine usw., verweise ich auf S. 609 u. 610 des 60. Jahrg.

Für die Wahl Hamburgs, die auf Wunsch von Herrn Baurat Ruppel geschah, sprach der Umstand, daß dort zum Teil die in Köln und Schleswig vorhandenen Bedingungen zusammenfallen. Hier wurden die Steine auf dem Neubaubureau des Allgemeinen Krankenhauses Lohmühlenstraße ausgelegt.

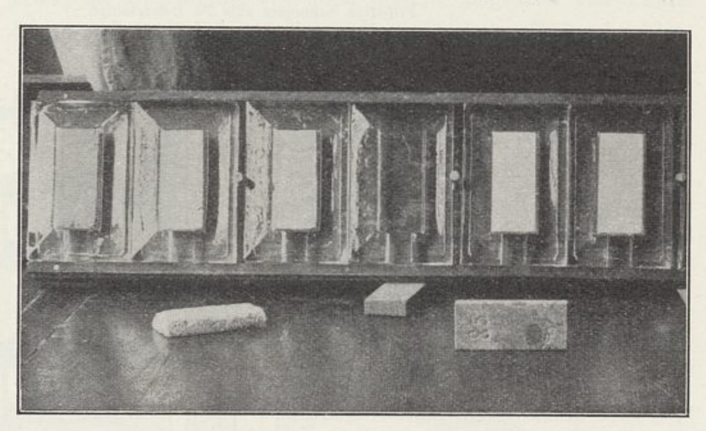


Abb. 1.

Eine Anzahl Steine konnte ich endlich durch das Entgegenkommen der Kgl. Gartenintendantur in Potsdam und des Herrn Hofbaurat Bohne auf der Pfaueninsel auslegen, um an ihnen festzustellen, in welchem Maße die Tränkungsmittel für Algen, Moose usw. einen Nährboden abgeben.

In Köln und in Hamburg ließen mir freundlicherweise Herr Dombaumeister Hertel und Herr Baurat Ruppel die Auslagevorrichtung kostenlos herstellen.

Wie bei den früheren Versuchen erhielt ich auch diesmal sämtliche Steinproben versuchsfertig, mit den eingemeißelten Zahlen und Abzeichen versehen, kostenlos von Herrn Dombaumeister Hertel und den Berliner Steinmetzfirmen Herren Philipp Holzmann u. Ko., G. m. b. H., Karl Schilling, P. Wimmel u. Ko. und Gebr. Zeidler.

Als Tränkungsmittel sind außer den früher benutzten Fluaten, Testalin, Szerelmey, Wachs und Zapon noch ein neues Zapon und reiner heller Leinölfirnis und in vier Fällen Paraffin verwandt worden. Es sind auch eine Reihe von Steinen mit Zellon (azetylierte Zellulose, während Zapon nitrierte Zellulose ist) überzogen worden. Die Wahl des betreffenden Zellons ist aber keine glückliche gewesen, da es nach verhältnismäßig kurzer Zeit abblätterte, weswegen die zellonierten Stücke aus der Reihe der Versuche ausgeschieden sind.

Die Tränkungen selber geschahen kostenlos bei den fluatierten Steinen von der Firma Hans Hauenschild, G. m. b. H., Berlin, bei den mit Szerelmey behandelten von der Firma Hector u. Brosius, Frankfurt a. M., und bei den zaponierten Stücken von der Firma Dr. Perl u. Ko., Berlin-Tempelhof. Für die Tränkung mit Testalin lieferte die Firma Hartmann u. Hauers, Hannover, kostenlos das Tränkungsmittel; die Behandlung mit Testalin erfolgte, ebenso wie die Tränkungen mit Leinölfirnis, Wachs und Paraffin im Laboratorium der Kgl. Museen.

Nur durch das weitgehende Entgegenkommen der genannten Behörden, Herren und Firmen ist die große Ausdehnung der Versuche möglich gewesen, so daß ich nicht verfehlen möchte, allen Beteiligten auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Wie bei den früheren Versuchen sind auch dieses Mal alle ausgelegten Steine vorher photographiert worden.

Nachdem die Steine zwei Jahre, nämlich vom November 1911 bis November 1913, in den vier Städten ausgelegen hatten, sind sie aufgenommen, mit destilliertem Wasser und weicher Bürste gereinigt und getrocknet worden. Auch hierfür gilt dasselbe, was S. 610 des 60. Jahrgangs gesagt worden ist.

Die folgenden Tabellen enthalten in den senkrechten Reihen die Angaben über:

1. Nummer des Steines;
2. Tränkungsmittel:

   M Magnesiumfluat, L Leinölfirnis,[2]
   D Doppelfluat, z Zapon (Streichzapon C),
   T Testalin, P Paraffin,
   S Szerelmey, B Bienenwachs,
   Z Zapon (Streichzapon A), K Karnaubawachs,
   V bedeutet unbehandelt;
3. Aussehen der Steine bei der Auslage;
4. Gewicht des aufgenommenen Tränkungsmittels in Grammen;
5. desgleichen, berechnet auf die Fläche von einem Quadratmeter (qm), Mittelwert aus den vier ausgelegten Steinen jeder Tränkungsgruppe;

6^2. Aussehen der Steine nach der zweijährigen Auslage vor dem Abwaschen. Als normal ist bei dem Vergleich stets das Aussehen der unbehandelten Steine angenommen worden[3]);

7^2. Gewichtsabnahme der einzelnen Steine nach der zweijährigen Auslage in Grammen;

8^2. desgleichen, berechnet auf 1 qm, Mittelwert aus den vier Steinen einer Tränkungsgruppe.

Die Ergebnisse der Reihen 5 und 8^2 sind der leichteren Übersicht wegen noch einmal gesondert und zeichnerisch dargestellt (siehe Blatt 24 und 25 im Atlas).

Bevor ich auf eine kurze Besprechung der bei den Steinauslagen der einzelnen Städte erhaltenen Ergebnisse der Verwitterung eingehe, sei erst noch über die Tränkung bemerkt, daß vielfach wieder wie bei den früheren Versuchen das gleiche Tränkungsmittel von den einzelnen Steinen einer Steinart ziemlich gleichmäßig aufgenommen worden ist. Anderseits treten auch große Unregelmäßigkeiten auf; sie können sowohl durch Unterschiede im Steingefüge veranlaßt sein, als auch durch die Art des Auftrags des Steinschutzmittels. Besonders wenn eine Steinart sehr geringe Mengen eines Steinschutzmittels aufnimmt, sind die verhältnismäßig großen Unterschiede wohl aus der Auftragsweise zu erklären.

Naturgemäß ist je nach der Steinart die Aufnahmefähigkeit für das Tränkungsmittel verschieden; die Marmor- und Kalksteine nehmen viel weniger davon auf als Sandsteine und Tuffstein, und unter diesen fällt der Warthauer durch seine hohen Tränkungszahlen gegenüber allen anderen Sandsteinen auf. Am wenigsten Tränkungsmittel von diesen nehmen Obernkirchner Sandstein und Tuffstein auf.

Zu bemerken ist noch, daß die Behandlung der Kirchheimer Steine mit den Fluaten überhaupt zu keiner Gewichtszunahme[4]) geführt hat, während eine solche bei den früheren Versuchen stattfand. Noch auffallender ist die Gewichtsabnahme der Marmorsteine durch die Fluatierung, die ganz besonders stark bei D 48 (Hamburg) hervortritt. Da eine solche Abnahme bei den früheren Versuchen nicht eingetreten war, sind noch einige andere Marmorstücke von H. Hauenschild fluatiert worden, aber stets mit demselben Ergebnis.[5]) Vielleicht trifft die Annahme zu, daß bei der Fluatierung der 1907 ausgelegten Marmorstücke ein weniger saures Fluat verwendet worden ist.

Berlin.

I. Sandsteine und Tuffstein.

Außer Warthauer und Cottaer Sandstein, die zum Vergleich mit den schon früher in Berlin ausgelegten gleichen Steinen dienen sollen, sind Friedersdorfer, Wünschelburger, Obernkirchner, Baumberger Sandstein und Ettringer Tuffstein der natürlichen Verwitterung ausgesetzt worden. Die Baum-

2) Die Wägungen der getränkten Steine wurden stets erst einige Wochen nach der Tränkung vorgenommen. Die geringe Zunahme, welche vielleicht bei den mit Leinölfirnis getränkten Steinen noch durch eine weitere Sauerstoffaufnahme geschehen kann, wird so gering sein, daß sie gegenüber der Abnahme durch die Verwitterung kaum in Betracht kommen kann.

3) Die der 6, 7 und 8 zugefügte kleine 2 soll auf die Auslagezeit von zwei Jahren hinweisen.

4) In den zeichnerischen Tabellen auf Bl. 24 u. 25 ist dort, wo minimale (Hamburg K-Marmor, Schleswig K-Marmor) und unwägbare Mengen vom Tränkungsmittel aufgenommen worden sind, oder wo eine Gewichtsverminderung durch die Tränkung stattgefunden hat, die Art des Steinschutzmittels durch ein schmales schraffiertes Band in größerer Entfernung von der Grundlinie angedeutet.

5) In diesen Fällen betrug die Abnahme bei drei Marmorstücken 0,106
0,051
0,149.

Berlin.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Warthauer.					
1	V	normal			normal	0,07	14
2	"	"			"	0,09	
3	"	"			"	0,08	
4	"	"			"	0,08	
5	M	etwas gelblich	1,04	176	dunkel, aber nicht so stark wie 21 bis 24; alle Steine haben einen etwas bräunlichen Ton	0,80	125
6	"	"	0,99			0,66	
7	"	"	0,90			0,66	
8	"	"	1,16			0,77	
9	D	wie 5 bis 8	0,66	160	wie 5 bis 8	0,48	108
10	"	"	1,11		"	0,71	
11	"	"	0,93		"	0,66	
12	"	"	1,03		"	0,67	
13	T	wie 5 bis 8	0,17	27	eine Spur heller als normal	0,23	37
14	"		0,16			0,21	
15	"	ausnahmsweise gelb	0,16		gelblich	0,20	
16	"	wie 5 bis 8	0,15		wie 13 und 14	0,21	
21	S	gelbgrau	0,79	138	sehr dunkel	0,39	67
22	"	"	0,78		"	0,39	
23	"	"	0,82		"	0,36	
24	"	"	0,86		"	0,44	
25	L	wie 21 bis 24	0,94	169	viel heller als normal	0,29	45
26	"		1,10			0,21	
27	"	intensiv gelb	0,90		gelblich	0,28	
28	"	wie 21 bis 24	1,03		wie 25 und 26	0,28	
111	P	wie 5 bis 8	0,57	90	wie 5 bis 8	0,18	30
112	"	"	0,50		"	0,18	
113	"	"	0,50		"	0,17	
115	"	"	0,52		"	0,16	
		Friedersdorfer.					
1	V	normal			normal	0,00	1
2	"	"			"	0,01	
3	"	"			"	0,01	
4	"	"			"	0,00	
5	M	ein wenig dunkler als normal	0,53	91	sehr dunkel	0,25	42
6	"		0,52			0,26	
7	"		0,65		sehr dunkel, teilweise gesprenkelt	0,29	
8	"		0,60		sehr dunkel	0,27	
9	D	wie 5 bis 8	0,43	78	wie 5, 6, 8	0,21	37
10	"	"	0,56		"	0,25	
11	"	"	0,50		"	0,24	
12	"	"	0,44		"	0,21	
13	T	etwas dunkler als 5 bis 8	0,13	17	normal	0,10	15
14	"		0,10		"	0,09	
15	"		0,09		"	0,09	
16	"		0,09		"	0,09	
21	Z	zwischen 5 bis 8 und 13 bis 16	0,03	7	normal	0,02	3
22	"		0,03		"	0,02	
23	"		0,05		"	0,02	
24	"		0,05		"	0,02	
25	S	gelblichbraun	0,54	91	wie 7	0,30	49
26	"	"	0,64		"	0,35	
27	"	"	0,53		"	0,28	
28	"	"	0,55		"	0,28	
29	L	etwas mehr gelblichbraun, speckig	0,70	113	heller als normal	0,29	47
30	"		0,68		"	0,28	
31	"		0,70		"	0,29	
32	"		0,73		"	0,30	
145	z	ein wenig dunkler als 13 bis 16	0,14	21	normal	0,04	9
146	"		0,13		"	0,06	
147	"		0,16		"	0,07	
148	"		0,10		"	0,05	

berger Stücke stammen aus einem alten, schon angewitterten Stein.

Bei den Verwitterungszahlen der einzelnen Steine (Spalte 7²) zeigen sich eine Reihe von Unregelmäßigkeiten,

Berlin.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Wünschelburger.					
1	V	normal			normal	0,09	15
2	"	"			"	0,08	
3	"	"			"	0,11	
4	"	"			"	0,09	
5	M	normal	0,54	81	sehr dunkel	0,36	53
6	"	"	0,54		"	0,34	
7	"	"	0,49		"	0,33	
8	"	"	0,43		"	0,27	
9	D	normal	0,52	91	wie 5 bis 8	0,31	57
10	"	"	0,64		"	0,40	
11	"	"	0,56		"	0,37	
12	"	"	0,56		"	0,34	
13	T	etwas dunkler als normal	0,06	11	erwas heller als normal	0,15	24
14	"		0,07			0,16	
15	"		0,05			0,14	
16	"		0,10			0,15	
21	S	gelblichbraun; Ränder etwas mehr	0,47	81	heller als 13 bis 16	0,29	53
22	"		0,50			0,34	
23	"		0,52			0,34	
24	"		0,51			0,34	
25	L	etwas mehr gelblichbraun als 21 bis 24	0,67	118	wie 21 bis 24	0,28	48
26	"		0,70		"	0,30	
27	"		0,81		"	0,31	
28	"		0,74		"	0,30	
		Cottaer.					
1	V	normal			normal*)	0,13	26
2	"	"			"	0,15	
3	"	"			"	0,14	
4	"	"			"	0,19	
5	M	etwas dunkler als normal	0,39	63	normal	0,27	41
6	"		0,35		"	0,21	
7	"		0,28		"	0,14	
8	"		0,46		"	0,34	
9	D	wie 5 bis 8	0,38	69	normal	0,26	51
10	"	"	0,45		"	0,36	
11	"	"	0,38		"	0,23	
12	"	"	0,43		"	0,36	
13	T	wie 5 bis 8	0,06	8	ein wenig heller als normal	0,24	40
14	"	"	0,05			0,26	
15	"	"	0,04			0,22	
16	"	"	0,05			0,25	
21	Z	wie 5 bis 8	0,07	12	wie 13 bis 16	0,10	17
22	"	"	0,07		"	0,08	
23	"	"	0,07		"	0,13	
24	"	"	0,07		"	0,11	
25	S	dunkler als normal	0,56	94	heller als 13 bis 16	0,40	70
26	"		0,59			0,44	
27	"		0,54			0,44	
28	"		0,59			0,42	
29	L	gelbdunkel	0,88	134	wie 25 bis 28	0,37	60
30	"	"	0,72		"	0,35	
31	"	"	0,87		"	0,39	
32	"	"	0,78		"	0,35	
149	z	wie 5 bis 8	0,17	16	wie 25 bis 28	0,32	41
150	"	"	0,08		"	0,23	
151	"	"	0,07		"	0,24	
152	"	"	0,07		"	0,21	
		Obernkirchner.					
63	P	ein wenig dunkler als normal	0,28	42	normal	0,07	12
64	"		0,26		"	0,08	
65	"		0,24		"	0,08	
67	"		0,27		"	0,08	

*) Alle Cottaer Steine in Berlin haben ein eigentümliches schwarzfleckiges Aussehen, das bei den mit Fluat und Szerelmey behandelten besonders hervortritt.

Berlin.

1	2	3	4	5	6^2	7^2	8^2
		Alter Baumberger.					
1	V	normal			normal	1,46	280
2	"	"			"	2,27	
3	"	"			"	1,28	
40	"	"			"	1,84	
5	M	normal	0,19	25	normal	1,35	267
6	"	"	0,13		"	1,87	
7	"	"	0,13		"	1,31	
8	"	"	0,15		"	1,87	
9	D	normal	0,11	19	normal	1,42	221
10	"	"	0,14		"	1,43	
11	"	"	0,13		"	1,30	
12	"	"	0,10		"	1,32	
13	T	dunkler als normal	0,01	2	normal	1,24	244
14	"		0,01		"	1,31	
15	"		0,01		"	1,50	
16	"		0,01		"	1,90	
21	S	dunkler als normal, gelber	0,43	85	normal	1,42	263
22	"	stark gelb	0,68		"	1,25	
23	"	wie 21	0,53		"	2,59	
24	"		0,46		"	1,23	
25	L	dunkler und gelber als 21, 23, 24	0,31	53	normal	1,00	158
26	"		0,28		"	0,95	
27	"		0,32		"	1,00	
28	"		0,39		"	0,96	
		Tuffstein.					
85	V	normal			normal	0,23	51
2	"	"			"	0,37	
3	"	"			"	0,31	
4	"	"			"	0,31	
5	M	normal	0,57	74	heller als normal	0,52	77
6	"	"	0,54		"	0,48	
8	"	"	0,36		"	0,41	
117	"	"	0,30		"	0,44	
10	D	normal	0,24	39	wie 5, 6, 8, 117	0,35	56
12	"	"	0,23		"	0,32	
13	T	normal	0,08	14	bräunlicher als 5, 6, 8, 117, aber heller als normal	0,30	48
14	"	"	0,07			0,27	
15	"	"	0,09			0,32	
16	"	"	0,11			0,28	
21	S	etwas gelblicher als normal	1,09	164	wie 13 bis 16	0,43	74
22	"		1,20		"	0,47	
23	"		1,21		"	0,45	
104	"		0,44		"	0,42	
25	L	gelblicher als 21 bis 23, 104	0,41	64	etwas heller als 21 bis 23, 104, aber eine Spur bräunlicher als die fluatierten	0,11	29
26	"		0,42			0,19	
27	"		0,44			0,20	
28	"		0,29			0,20	
112	P	normal	0,20	29	wie 25 bis 28	0,20	43
113	"	"	0,17		"	0,25	
114	"	"	0,18		"	0,32	
115	"	"	0,13		"	0,23	

Sandsteine. (Vgl. Abb. 1 Bl. 24.)

	Warthauer		Friedersdorfer		Wünschelburger		Cottaer		Oberkirchner		Alter Baumberger		Tuffstein	
V		**14**		**1**		**15**		**26**				**280**		**51**
M	176	**125**	91	**42**	81	**53**	63	**41**			25	**267**	74	**77**
D	160	**108**	78	**37**	91	**57**	69	**51**			19	**221**	39	**56**
T	27	**37**	17	**15**	11	**24**	8	**40**			2	**244**	14	**48**
Z			7	**3**			12	**17**						
S	138	**67**	91	**49**	81	**53**	94	**70**			85	**263**	164	**74**
L	169	**45**	113	**47**	118	**48**	134	**60**			53	**158**	64	**29**
z			21	**9**			16	**41**						
P	90	**30**							42	**12**			29	**43**

Berlin.

1	2	3	4	5	6^2	7^2	8^2
		Travertin.					
1	V	normal			normal	0,90	139
2	"	"			"	0,86	
3	"	"			"	0,86	
4	"	"			"	0,91	
5	M	fast normal	0,04	7	normal	0,88	141
6	"	"	0,04		"	0,87	
7	"	"	0,04		"	0,88	
8	"	"	0,06		"	0,92	
9	D	wie 5 bis 8	0,06	6	normal	0,90	157
10	"	"	0,03		"	0,98	
11	"	"	0,03		"	0,93	
12	"	"	0,03		"	1,06	
13	T	ein wenig dunkler als normal	0,04	8	normal	0,81	135
14	"		0,06		"	0,86	
15	"		0,05		"	0,76	
16	"		0,04		"	0,90	
21	S	braun	0,28	34	normal	0,64	110
22	"	"	0,17		"	0,68	
23	"	"	0,23		"	0,70	
24	"	"	0,17		"	0,75	
25	L	brauner als 21 bis 24	0,24	22	normal	0,62	100
26	"		0,12		"	0,64	
27	"		0,10		"	0,63	
28	"		0,10		"	0,62	
		Kirchheimer.					
51	V	normal			normal*)	0,86	171
52	"	"			"	1,07	
53	"	"			"	1,27	
54	"	"			"	0,97	
55	M	normal	0,00	0	normal	1,02	175
56	"	"	0,00		"	1,06	
57	"	"	0,00		"	1,22	
58	"	"	0,00		"	1,04	
59	D	normal	0,00	0	normal	0,92	172
60	"	"	0,00		"	1,05	
61	"	"	0,00		"	1,16	
62	"	"	0,00		"	1,12	
63	T	etwas dunkler als 71 bis 74	0,01	2	normal	0,88	154
64	"		0,01		"	0,77	
65	"		0,01		"	1,01	
66	"		0,01		"	1,12	
71	Z	etwas dunkler als normal	0,03	4	normal	0,94	142
72	"		0,02		"	0,90	
73	"		0,02		"	0,81	
74	"		0,02		"	0,88	
75	S	dunkler als 63 bis 66; speckig	0,04	7	normal	0,67	135
76	"		0,04		"	0,91	
77	"		0,04		"	0,91	
78	"		0,04		"	0,81	
79	L	sehr dunkel	0,04	8	normal	0,78	123
80	"	"	0,06		"	0,71	
81	"	"	0,05		"	0,79	
82	"	"	0,05		"	0,76	

*) Unterschiede liegen in der Struktur des Steins.

so bei D-Warthauer, M-Cottaer, S-Baumberger, ferner vielfach dort, wo wenig Tränkungsmittel aufgenommen war, so bei z-Friedersdorfer, Z- und z-Cottaer, M- und T-Baumberger, P-Tuffstein. Auch der V-Baumberger und V-Tuffstein haben sich sehr verschieden verhalten.

Bei dem Vergleich der Zahlen der einzelnen Tränkungsgruppen (Spalte 8²) zeigt sich im allgemeinen wie bei den früheren Versuchen, daß die Verwitterungszahl kleiner als die Tränkungszahl (Spalte 5) ist, oder auf die zeichnerische Tabelle (Abb. 1 Bl. 24) bezogen, daß die schwarzen Streifen

Berlin.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
			Kehlheimer.				
1	V	normal			normal*)	0,72	116
2	"	"			"	0,72	
3	"	"			"	0,63	
4	"	"			"	0,80	
5	M	normal	0,03	5	normal	0,78	143
6	"	"	0,04		"	0,81	
7	"	"	0,02		"	0,89	
128	"	"	0,03		"	1,03	
9	D	normal	0,01	3	normal	0,88	144
10	"	"	0,01		"	0,91	
129	"	"	0,03		"	0,91	
12	"	"	0,03		"	0,80	
13	T	normal	0,03	5	normal	0,91	130
14	"	"	0,02		"	0,75	
15	"	"	0,04		"	0,71	
16	"	"	0,03		"	0,81	
21	Z	normal	C,02	3	normal	0,59	99
22	"	"	0,01		"	0,57	
23	"	"	0,02		"	0,59	
24	"	"	0,03		"	0,64	
25	S	normal	0,14	27	normal	0,67	111
26	"	"	0,18		"	0,66	
27	"	"	0,21		"	0,71	
28	"	"	0,13		"	0,66	
139	L	etwas dunkler als 141 bis 144	0,25	30	normal	0,62	107
30	"		0,14		"	0,60	
31	"		0,16		"	0,65	
32	"		0,19		"	0,73	
141	z	etwas dunkler als normal	0,08	13	normal	0,70	123
142	"		0,07		"	0,71	
143	"		0,07		"	0,79	
144	"		0,09		"	0,84	
164	P	normal	0,11	17	normal	0,46	84
165	"	"	0,10		"	0,63	
166	"	"	0,13		"	0,49	
167	"	"	0,08		"	0,52	

*) Unterschiede liegen in der Struktur des Steins.

noch innerhalb der schraffierten Streifen enden. Da viel aufgenommenem Steinschutzmittel meistens eine hohe Verwitterung entspricht, so ist anzunehmen, daß die Verwitterung zuerst auf Kosten des Tränkungsmittels geschieht. Eine Ausnahme bilden der Tuffstein (außer der S- und L-Gruppe) und vor allem der Baumberger Stein, bei denen die Verwitterungszahlen größer sind als die Tränkungszahlen. Auch bei dem T-Warthauer, -Wünschelburger und -Cottaer und dem Z- und z-Cottaer ist die Verwitterungszahl höher.

Die hohen Verwitterungszahlen bei dem Baumberger Stein sind durch seinen hohen Kalkgehalt zu erklären, wird er doch auch geradezu als Kalksandstein bezeichnet.[6])

Wenn man auch in allen Fällen, wo die Verwitterungszahlen der unbehandelten Steine größer sind als die der getränkten oder, auf die zeichnerische Tabelle bezogen, wo die schwarzen Streifen der unbehandelten Steine größer sind als die der getränkten, von einem gewissen Schutz des Tränkungsmittels sprechen kann, so sind die Unterschiede doch vielfach nach der zweijährigen Auslage so klein, daß sie noch nicht maßgebend sein können. Ich hebe daher hier und im folgenden nur diejenigen Zahlen hervor, bei denen der Unterschied

6) Bei der zeichnerischen Darstellung der Tabellen habe ich deshalb auch den Baumberger Stein nochmals bei den Kalksteinen angeführt (Abb. 2 Bl. 24).

Berlin.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
			Marmor.				
74	V	normal			normal	0,658	107
75	"	"			"	0,617	
76	"	"			"	0,593	
81	"	"			"	0,669	
77	Z	normal	0,025	3	ein wenig heller als normal	0,560	96
78	"	"	0,014			0,628	
79	"	"	0,012			0,582	
80	"	"	0,018			0,596	

Kalksteine. (Vgl. Abb. 2 Bl. 24.)

	Travertin		Kirchheimer		Kehlheimer		Marmor	
V		**139**		**171**		**116**		**107**
M	7	**141**	0	**175**	5	**143**		
D	6	**157**	0	**172**	3	**144**		
T	8	**135**	2	**154**	5	**130**		
Z			4	**142**	3	**99**	3	**96**
S	34	**110**	7	**135**	27	**111**		
L	22	**100**	8	**123**	30	**107**		
z					13	**123**		
P					17	**84**		

ein größerer ist, wo man also von einem wirksamen Schutz des Tränkungsmittels sprechen kann.

Danach wäre bei den in Berlin ausliegenden Sandsteinen eine Schutzwirkung nur bei dem D-, T- und L-alten Baumberger und bei L-Tuffstein zu verzeichnen.

II. Kalksteine und Marmor.

Zur Auslage kamen Travertin von Mühlhausen i. Th., Kirchheimer und Kehlheimer (Auerbruch) Kalkstein, sowie einige Marmorstücke; diese nur zum Vergleich mit den früher in Berlin ausgelegten Stücken.

Gegenüber den Tränkungszahlen (Spalte 5) sind die Verwitterungszahlen (Spalte 8²) außerordentlich groß, so daß man von einem größeren Schutz des Tränkungsmittels nur bei S- und L-Travertin, Z-, S- und L-Kirchheimer und P-Kehlheimer sprechen kann.

Köln.

I. Sandstein.

An Sandsteinen lagen hier Friedersdorfer, Cottaer, Obernkirchner und außerdem Obernkirchner aus einem alten angewitterten Steinblock aus.

Besondere Unregelmäßigkeiten in der Verwitterung bei den einzelnen Steinen einer Tränkungsart (Spalte 7²) sind bei dem D-Cottaer zu bemerken; auch die D-Friedersdorfer, M- und T-Cottaer, S-Obernkirchner und die meisten alten Obernkirchner haben sich recht verschieden verhalten. Bei den V-Friedersdorfer Steinen zeigen zwei eine geringe Abnahme, zwei eine geringe Zunahme, so daß das errechnete Mittel für 1 qm gleich Null ist. Die Zunahme führe ich, wie schon bei den früheren Versuchen[7]) erwähnt, auf die Umwandlung des kohlensauren Kalks des Bindemittels in schwefelsauren Kalk zurück, da die aufgenommene Schwefelsäure mehr wiegt als die verdrängte Kohlensäure und da der entstandene schwefelsaure Kalk noch Wasser bindet.

7) Zeitschrift f. Bauwesen, 63. Jahrg. (1913) S. 68.

Köln.

1	2	3	4	5	6[2]	7[2]	8[2]
		Friedersdorfer.					
97	V	normal			normal	+0,01	0
98	„	„			„	+0,01	
99	„	„			„	0,02	
100	„	„			„	0,01	
101	M	ein wenig dunkler als normal	0,44	70	dunkler als normal	0,25	41
102	„		0,43			0,25	
103	„		0,39			0,23	
104	„		0,47			0,29	
105	D	wie 101 bis 104	0,37	71	wie 101 bis 104	0,24	46
106	„	„	0,42		„	0,25	
107	„	„	0,43		„	0,29	
108	„	„	0,54		„	0,35	
109	T	etwas dunkler als 101 bis 104	0,11	17	ein wenig heller als normal	0,09	15
110	„		0,09			0,08	
111	„		0,11			0,10	
112	„		0,11			0,09	
117	Z	fast normal	0,04	7	wie 109 bis 112	0,00	2
118	„	„	0,04		„	0,02	
119	„	„	0,04		„	0,01	
120	„	„	0,04		„	0,01	
121	S	gelblichbraun	0,51	78	heller als normal, aber dunkel gescheckt	0,32	48
122	„	„	0,47			0,29	
123	„	„	0,42			0,26	
124	„	„	0,47			0,29	
125	L	etwas mehr gelblichbraun als 121 bis 124	0,72	122	viel heller als normal	0,31	53
126	„		0,82			0,34	
127	„		0,77			0,33	
128	„		0,66			0,30	
157	z	wie 109 bis 112	0,13	25	wie 109 bis 112	0,03	6
158	„	„	0,18		„	0,04	
159	„	„	0,14		„	0,03	
160	„	„	0,18		„	0,04	
		Cottaer.					
93	V	normal			normal; (zu 2/3 stark grün)	0,23	39
94	„	„				0,24	
95	„	„				0,20	
96	„	„				0,26	
97	M	etwas dunkler als normal	0,44	65	*)	0,43	58
98	„		0,32		*) bräunlicher als normal	0,30	
99	„		0,51			0,43	
100	„		0,30			0,24	
101	D	wie 97 bis 100	0,33	60	*)	0,18	42
102	„	„	0,36			0,29	
103	„	„	0,46		*) wie 97 bis 100	0,36	
104	„	„	0,33		*)	0,20	
134	T	wie 97 bis 100	0,01	2	normal; zu 1/3 stark grün	0,34	41
135	„	„	0,01			0,20	
136	„	„	0,01			0,22	
105	„	„	0,03			0,23	
113	Z	wie 97 bis 100	0,03	4	dunkler als normal; ganz grün	0,07	15
114	„	„	0,02			0,10	
115	„	„	0,03			0,09	
116	„	„	0,01			0,09	
117	S	dunkler als normal	0,45	84	ein wenig heller als normal; ganz grün	0,44	76
118	„		0,50			0,45	
119	„		0,48			0,45	
120	„		0,57			0,46	
121	L	gelbdunkel	0,75	129	heller als normal; zur Hälfte stark grün	0,38	63
122	„	„	0,67			0,36	
123	„	„	0,92		noch heller als 121 u. 122, zur Hälfte grün	0,41	
124	„	„	0,84		wie 121 u. 122	0,39	
161	z	wie 97 bis 100	0,07	11	wie normal; fast ganz grün	0,16	32
162	„	„	0,06			0,20	
163	„	„	0,06		heller als normal, weniger grün	0,22	
164	„	„	0,07		wie 161 u. 162	0,20	

*) Auf der oberen Hälfte des Steins in der Mitte weißlicher Fleck.

Köln.

1	2	3	4	5	6[2]	7[2]	8[2]
		Obernkirchner.					
29	V	normal			normal; (zur Hälfte grün)	0,02	5
30	„	„				0,03	
31	„	„				0,04	
32	„	„				0,04	
33	M	etwas dunkler als normal	0,16	25	viel dunkler als normal, bräunlich, in der Mitte weißer Streifen von punktförm. Ausblühungen	0,11	15
34	„		0,14			0,09	
35	„		0,14			0,09	
36	„		0,17			0,08	
37	D	wie 33 bis 36	0,16	26	wie 33 bis 36	0,12	17
38	„	„	0,14		„	0,10	
39	„	„	0,16		„	0,09	
40	„	„	0,20		„	0,13	
41	T	wie 33 bis 36	0,07	10	normal; zur Hälfte grün	0,08	11
42	„	„	0,08			0,08	
43	„	„	0,05			0,06	
44	„	„	0,06			0,05	
49	S	wie 33 bis 36	0,54	86	heller als normal; zur Hälfte grün	0,32	47
50	„	„	0,54			0,33	
51	„	„	0,53			0,21	
52	„	„	0,54			0,31	
53	L	viel dunkler als normal; gelb	0,49	77	heller als 49 bis 52. 54 und 55 schwach grün	0,24	34
54	„		0,48			0,19	
55	„		0,49			0,21	
56	„		0,49			0,21	
		Alter Obernkirchner.					
41	V	normal			normal; (grün)	0,18	25
42	„	„			„ (zu 3/4 „)	0,18	
43	„	„			„ („ 1/4 „)	0,15	
44	„	„			„ („ 3/4 „)	0,12	
45	M	normal	0,16	20	dunkler als normal; in der Mitte weißlicher Streifen von punktförmigen Ausblühungen	0,16	31
46	„	„	0,14			0,23	
47	„	„	0,16			0,18	
48	„	„	0,14			0,18	
73	D	dunkler als normal	0,14	23	wie 45 bis 48	0,17	31
74	„		0,10		„	0,16	
75	„		0,22		„	0,24	
76	„		0,10		„	0,20	
53*	T	wie 73 bis 76	0,07	11	normal; zur Hälfte grün	0,23	28
54	„	„	0,07			0,11	
55	„	„	0,07			0,18	
56	„	„	0,07			0,17	
61	Z	dunkler als 73 bis 76	0,05	5	normal; zur Hälfte grün	0,10	17
62	„		0,03			0,07	
63	„		0,03			0,11	
64	„		0,03			0,13	
65	S	wie 61 bis 64	0,43	73	etwas heller als normal; 65 bis 67 sind 1/4, 68 1/2 grün	0,35	58
66	„	„	0,43			0,35	
67	„	„	0,48			0,37	
68	„	„	0,47			0,37	
69	L	wie 73 bis 76; gelb	0,36	69	wie 65 bis 68, aber geringer grüner Anflug	0,24	40
70	„	wie 61 bis 64; gelb	0,37		wie 65 bis 68, aber zur Hälfte grüner Anflug	0,26	
71	„	„	0,47			0,23	
72	„	„	0,49			0,25	

Sandsteine. (Vgl. Abb. 3 Bl. 24.)

	Friedersdorfer		Cottaer		Obernkirchner		Alter Obernkirchner	
V		**0**		**39**		**5**		**25**
M	70	**41**	65	**58**	25	**15**	20	**31**
D	71	**46**	60	**42**	26	**17**	23	**31**
T	17	**15**	2	**41**	10	**11**	11	**28**
Z	7	**2**	4	**15**			5	**17**
S	78	**48**	84	**76**	86	**47**	73	**58**
L	122	**53**	129	**63**	77	**34**	69	**40**
z	25	**6**	11	**32**				

Köln.

1	2	3	4	5	6[2]	7[2]	8[2]
		Kehlheimer.					
93	V	normal			normal	0,78	125
94	„	„			„	0,83	
95	„	„			„	0,78	
96	„	„			„	0,74	
97	M	normal	0,05	4	normal	0,77	135
98	„	„	0,01		„	0,87	
99	„	„	0,01		„	0,89	
100	„	„	0,04		„	0,82	
101	D	normal	0,05	6	normal	0,86	142
102	„	„	0,01		„	0,83	
103	„	„	0,05		„	0,89	
130	„	„	0,05		„	0,97	
105	T	ein wenig dunkler als 153 bis 156	0,03	6	normal	0,76	125
106	„		0,05		„	0,80	
107	„		0,04		„	0,70	
108	„		0,02		„	0,80	
113	Z	normal	0,03	5	normal	0,72	115
114	„	„	0,03		„	0,67	
115	„	„	0,03		„	0,73	
116	„	„	0,04		„	0,71	
117	S	wie 105 bis 108	0,24	36	normal	0,71	110
118	„	„	0,23		„	0,72	
119	„	„	0,22		„	0,67	
120	„	„	0,19		„	0,62	
121	L	wie 105 bis 108	0,23	36	normal	0,65	115
122	„	„	0,17		„	0,70	
123	„	„	0,24		„	0,80	
124	„	„	0,25		„	0,72	
153	z	ein wenig dunkler als normal	0,07	12	normal	0,81	123
154	„		0,09		„	0,76	
155	„		0,06		„	0,74	
156	„		0,08		„	0,71	
		Caener.					
81	V	normal			normal; (sehr geringer grüner Anflug)	1,49	252
82	„	„				1,80	
83	„	„				1,31	
84	„	„				1,50	
85	M	dunkler als normal	0,18	27	dunkler als normal; zu 1/3 grün	0,88	146
86	„	„	0,21			0,82	
87	„	„	0,14			0,99	
88	„	„	0,13			0,81	
89	D	wie 85 bis 88	0,07	19	etwas dunkler als normal, aber heller als 85 bis 88; grüner Anflug	0,94	156
90	„	„	0,13			0,98	
91	„	„	0,13			0.98	
92	„	„	0,14			0,88	
93	T	ein wenig dunkler als normal	0,05	9	wie normal, aber etwas stärkerer grüner Anflug	1,20	215
94	„		0,06			1,30	
95	„		0,05			1,56	
96	„		0,05			1,21	
101	Z	wie 93 bis 96	0,02	2	wie normal; zur Hälfte stark grüner Anflug	1,08	207
102	„	„	0,02		viel heller als normal (ohne grünen Anflug)	1,60	
103	„	„	0,01		ein wenig dunkler als normal (ohne grünen Anflug)	1,07	
104	„	„	0,01		normal (ohne grünen Anflug)	1,28	
105	S	dunkler als 85 bis 88	0,65	92	heller als normal	1,31	262
106	„		0,49			1,42	
107	„		0,57		ein wenig heller als normal mit geringem grünen Anflug	2,21	
108	„		0,54		ebenso, aber etwas mehr grüner Anflug	1,49	
109	L	wie 105 bis 108; gelb	0,72	112	heller als normal; geringer grüner Anflug	1,15	196
110	„		0,61			1,18	
111	„		0,72		heller als normal, zur Hälfte grün	1,14	
112	„		0,70		dunkler als normal; grüner Anflug	1,35	

Während bei den einzelnen Steinarten aus frischem Gestein im allgemeinen die Verwitterungszahlen (Spalte 8[2]) niedriger sind als die Tränkungszahlen (Spalte 5), sind sie bei den alten Obernkirchner Steinen mit Ausnahme der mit Szerelmey und Leinölfirnis behandelten größer als die Tränkungszahlen. Dasselbe ist übrigens bei dem T-, Z- und z-Cottaer und T-neuen Obernkirchner der Fall. Der Umstand, daß die Verwitterungszahlen bei dem Z-Cottaer bedeutend geringer sind als bei dem unbehandelten Cottaer, deutet auf eine Schutzwirkung des Zapons.

Kalksteine. (Vgl. Abb. 4 Bl. 24.)

	Kehlheimer		Caener	
V		**125**		**252**
M	4	**135**	27	**146**
D	6	**142**	19	**156**
T	6	**125**	9	**215**
Z	5	**115**	2	**207**
S	36	**110**	92	**262**
L	36	**115**	112	**196**
z	12	**123**		

II. Kalksteine.

Außer Kehlheimer Stein, der mehrfach zu Ergänzungsarbeiten am Kölner Dom benutzt worden ist, wurden noch Versuchsstücke aus einem alten Caener Kalkstein ausgelegt.

Bei den Verwitterungszahlen der einzelnen Steine fallen folgende durch ihre Höhe auf: bei den Caener Steinen V 82, Z 102 und S 107. Bei dem Vergleich der Mittelwerte der Verwitterungszahlen (Spalte 8[2]) ist bei dem Kehlheimer Stein das ziemlich gleiche Verhalten aller Steine, der unbehandelten wie der getränkten, hervorzuheben. Bei dem Caener Stein ist die Gewichtsabnahme fast überall viel höher als bei dem Kehlheimer; zu beachten ist die geringe Verwitterungszahl der fluatierten Stücke; auch die T-, Z- und L-Caener Steine zeigen eine Schutzwirkung des Tränkungsmittels.

Hamburg.

1	2	3	4	5	6[2]	7[2]	8[2]
		Warthauer.					
57	V	normal			normal	0,04	7
58	„	„			„	0,04	
59	„	„			„	0,03	
60	„	„			„	0,05	
61	M	etwas gelblich	0,97	153	etwas bräunlicher als normal	0,77	119
62	„	„	0,86			0,62	
63	„	„	0,90			0,72	
64	„	„	0,85			0,67	
65	D	wie 61 bis 64	0,77	154	wie 61 bis 64	0,68	124
66	„	„	0,97		„	0,69	
67	„	„	0,83		„	0,65	
68	„	„	1,00		„	0,86	
69	T	wie 61 bis 64	0,21	31	normal	0,22	32
70	„	„	0,16		„	0,16	
71	„	„	0,18		„	0,18	
72	„	„	0,17		„	0,18	
77	S	gelbgrau	0,84	144	fast schwarz	0,45	78
78	„	„	0,86		„	0,47	
79	„	„	0,82		„	0,47	
80	„	„	0,85		„	0,44	
81	L	wie 77 bis 80	1,08	149	ein wenig heller als normal	0,28	48
82	„	„	0,89			0,27	
83	„	„	0,81			0,29	
84	„	„	0,69			0,29	

Hamburg.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Friedersdorfer.					
65	V	normal			normal	+0,03	(+4)
66	„	„			„	+0,02	
67	„	„			„	+0,02	
68	„	„			„	+0,02	
69	M	ein wenig dunkler als normal	0,69	99	dunkler als normal	0,32	49
70	„		0,63			0,31	
71	„		0,52			0,25	
72	„		0,63			0,34	
73	D	wie 69 bis 72	0,57	86	wie 69 bis 72	0,30	48
74	„	„	0,52		„	0,28	
75	„	„	0,60		„	0,33	
76	„	„	0,48		„	0,30	
77	T	etwas dunkler als 69 bis 72	0,15	24	normal	0,12	18
78	„		0,13		„	0,11	
79	„		0,15		„	0,09	
80	„		0,16		„	0,12	
85	Z	normal	0,05	7	normal, aber schwärzlich gefleckt	+0,01	(+3)
86	„	„	0,05			+0,02	
87	„	„	0,04			+0,03	
88	„	„	0,04			+0,01	
89	S	gelblichbraun	0,53	81	etwa wie 69 bis 72, aber stark scheckig	0,31	49
90	„	„	0,52			0,29	
91	„	„	0,49			0,31	
92	„	„	0,49			0,30	
93	L	etwas mehr gelblichbraun; speckig	0,78	125	normal, aber etwas schwarzfleckig	0,32	50
94	„		0,84			0,32	
95	„		0,79			0,30	
96	„		0,68			0,29	
153	z	wie 69 bis 72	0,16	20	ein wenig heller als normal	0,04	3
154	„	„	0,14			0,02	
155	„	„	0,06			+0,04	
156	„	„	0,13			0,06	
		Cottaer.					
65	V	normal			normal (etwas schwarzfleckig, zum größten Teil grünlich)	0,16	27
66	„	„				0,17	
67	„	„				0,19	
68	„	„				0,13	
69	M	etwas dunkler als normal	0,38	69	ein wenig dunkler als normal; schwarze Flecken weniger auffallend; kaum grünlicher Anflug	0,32	62
70	„		0,47			0,46	
71	„		0,46			0,44	
72	„		0,34			0,26	
73	D	wie 69 bis 72	0,48	67	wie 69 bis 72	0,49	62
74	„	„	0,42			0,37	
75	„	„	0,34		etwas heller als normal, aber stark schwarzfleckig	0,34	
76	„	„	0,38		wie 73 und 74, aber etwas bräunlicher	0,30	
77	T	etwas dunkler als 69 bis 72	0,02	2	etwas dunkler als normal; stark grün	0,16	31
78	„		0,02			0,19	
79	„		0,01			0,19	
80	„		0,01			0,20	
85	S	dunkler als normal	0,47	87	heller als normal mit schwärzlichen Flecken, teilweise etwas grünlich	0,46	81
86	„		0,54			0,49	
87	„		0,51			0,49	
88	„		0,55			0,49	
89	L	gelbdunkel	0,85	142	wie 85 bis 88, schwarzgraue Flecke, kaum grüner Anflug	0,41	66
90	„	„	0.90			0,42	
91	„	„	0,81			0,37	
92	„	„	0,94			0,43	
157	z	wie 69 bis 72	0,07	10	wie 89 bis 92, aber kaum fleckig	0,18	26
158	„	„	0,06			0,17	
159	„	„	0,05		etwas dunkler, bräunlich; grünlicher Anflug	0,17	
160	„	„	0,07		wie 85 bis 88; zur Hälfte grüner Anflug	0,12	

Hamburg.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Obernkirchner.					
1	V	normal			normal*)	0,04	10
2	„	„			„	0,07	
3	„	„			„	0,08	
4	„	„			„	0,06	
5	M	ein wenig dunkler als normal	0,13	24	bräunlicher als normal*)	0,12	20
6	„		0,13			0,10	
7	„		0,15			0,13	
8	„		0,18			0,14	
9	D	wie 5 bis 8	0,17	27	wie 5 bis 8*)	0,15	24
10	„	„	0,19		„	0,14	
11	„	„	0,13		„	0,14	
12	„	„	0,17		„	0,17	
13	T	etwas dunkler als 5 bis 8	0,03	7	normal*)	0,09	13
14	„		0,04		„	0,07	
15	„		0,06		„	0,07	
16	„		0,05		„	0,08	
21	S	wie 13 bis 16	0,50	83	stark schwarz gescheckt mit etwas helleren Rändern*)	0,29	47
22	„	„	0,52			0,30	
23	„	„	0,51			0,29	
24	„	„	0,52			0 29	
25	L	viel dunkler als normal; gelb	0,42	69	ein wenig heller als normal*)	0,20	31
26	„		0,40			0,18	
27	„		0,47			0,20	
28	„		0,45			0,21	
		Tuffstein.					
57	V	normal			normal; (stark grün)	0.29	48
58	„	„				0,30	
59	„	„				0,26	
60	„	„				0,31	
61	M	ein wenig dunkler als normal	0,31	47	heller als normal; weniger grün	0,44	66
62	„		0,25			0,37	
64	„		0,30			0,40	
65	D	wie 61, 62, 64	0,32	39	etwas heller u. weniger grün als 61, 62, 64	0,40	55
67	„	„	0,18			0,26	
68	„	„	0,22			0,35	
70	T	etwas gelblicher als 61 bis 64	0,12	17	wie 57 bis 60	0,30	52
71	„		0,11		„	0,32	
72	„		0,09		„	0,31	
118	„		0,09		„	0,31	
78	S	wie 70 bis 72, 118	0,51	87	heller als normal; etwas dunkler und grünlicher als 61, 62, 64	0,54	88
79	„		0,50			0,50	
80	„		0,56			0,55	
81	L	gelblicher als 70 bis 72, 118	0,49	79	wie 65 bis 68	0,25	41
82	„		0,49		„	0,28	
83	„		0,46		„	0,30	
84	„		0,45		„	0,14	

*) Alle Steine haben einen dunkleren Mittelstreifen.

Sandsteine. (Vgl. Abb. 1 Bl. 25.)

	Warthauer		Friedersdorfer		Cottaer		Obernkirchner		Tuffstein	
V		**7**		**+**		**27**		**10**		**48**
M	153	**119**	99	**49**	69	**62**	24	**20**	47	**66**
D	154	**124**	86	**48**	67	**62**	27	**24**	39	**55**
T	31	**32**	24	**18**	2	**31**	7	**13**	17	**52**
Z			7	**+**						
S	144	**78**	81	**49**	87	**81**	83	**47**	87	**88**
L	149	**48**	125	**50**	142	**66**	69	**31**	79	**41**
z			20	**3**	10	**26**				

Hamburg.

I. Sandsteine und Tuffstein.

Warthauer, Friedersdorfer, Cottaer, Obernkirchner Sandstein und Ettringer Tuffstein sind ausgelegt worden.

Hamburg.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Grünsfelder.					
1	V	normal			normal	1,00	155
2	„	„			„	0,99	
3	„	„			„	0,89	
4	„	„			„	0,90	
5	M	ein wenig dunkler als normal	0,07	11	normal	1,02	164
6	„		0,04		„	1,07	
7	„		0,09		„	0,99	
34	„		0,08		„	0,96	
9	D	normal	0,02	2	normal	1,04	165
10	„	„	0,01		„	0,98	
11	„	„	0,01		„	1,01	
12	„	„	0,01		„	0,99	
13	T	ein wenig dunkler als 5 bis 7, 34	0,06	10	normal	0,94	149
14	„		0,07		„	0,91	
15	„		0,06		„	0,91	
16	„		0,05		„	0,91	
21	Z	wie 13 bis 16	0,03	7	normal	0,81	125
22	„	„	0,05		„	0,77	
23	„	„	0,03		„	0,74	
24	„	„	0,05		„	0,72	
25	S	normal	0,30	41	normal	0,71	116
26	„	„	0,24		„	0,69	
27	„	„	0,22		„	0,76	
28	„	„	0,25		„	0,67	
29	L	ein wenig dunkler als 5 bis 7, 34	0,24	35	normal	0,68	117
30	„		0,21		„	0,72	
31	„		0,19		„	0,70	
32	„		0,20		„	0,73	
		Kehlheimer.					
65	V	normal			normal	0,78	138
66	„	„			„	0,87	
67	„	„			„	0,83	
68	„	„			„	0,88	
69	M	normal	0,01	3	normal	0,96	148
70	„	„	0,02		„	0,85	
71	„	„	0,02		„	0,98	
72	„	„	0,03		„	0,86	
73	D	normal	0,03	6	normal	0,93	154
74	„	„	0,03		„	0,98	
75	„	„	0,03		„	0,94	
76	„	„	0,05		„	0,95	
77	T	ein wenig dunkler als 149 bis 152	0,04	5	normal	0,87	139
78	„		0,05		„	0,90	
79	„		0,01		„	0,84	
80	„		0,03		„	0,87	
85	S	normal	0,15	28	normal	0,79	135
86	„	„	0,14		„	0,79	
87	„	„	0,13		„	0,82	
88	„	„	0,26		„	0,90	
89	L	ein wenig dunkler als 77 bis 80	0,16	30	normal	0,79	124
90	„		0,13		„	0,73	
91	„		0,12		„	0,72	
140	„		0,32		„	0,80	
149	z	ein wenig dunkler als normal	0,09	12	normal	0,74	134
150	„		0,09		„	0,85	
151	„		0,04		„	0,87	
152	„		0,07		„	0,82	

Bezüglich der Verwitterungszahlen der einzelnen Steine (Spalte 7²) sind bei D- und T-Warthauer, M-Cottaer, D-Tuffstein größere Unregelmäßigkeiten zu bemerken, die aber solchen der Tränkung entsprechen. Außerdem fallen noch auf D- und z-Cottaer, V-Obernkirchner und L-Tuffstein. Eine Zunahme, wie sie schon bei zwei V-Friedersdorfer Steinen in Köln (s. S. 231) beobachtet worden ist, wurde bei den Friedersdorfer in Hamburg bei allen V- und Z-Steinen und bei einem z-Stein festgestellt.[8])

Hamburg.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Marmor.					
37	V	normal			normal; (ziemlich schmutzig)	0,671	115
38	„	„				0,644	
39	„	„				0,713	
40	„	„				0,742	
41	M	normal	– 0,010	Abn*)	wie 37 bis 40	0,857	129
42	„	„	– 0,005		„	0,759	
43	„	„	– 0,008		„	0,830	
44	„	„	– 0,002		„	0,666	
45	D	normal	– 0,002	Abn*)	wie 37 bis 40	1,024	137
46	„	„	– 0,004		„	0,799	
47	„	„	– 0,008		„	0,712	
48	„	„	– 0,114		„	0,758	
49	T	normal	0,007	2	wie 37 bis 40	0,603	111
50	„	„	0,013		„	0,674	
51	„	„	0,008		„	0,678	
52	„	„	0,010		„	0,738	
57	Z	normal	0,016	2	wie 37 bis 40	0,639	104
58	„	„	0,015		„	0,579	
59	„	„	0,013		„	0,661	
60	„	„	0,016		„	0,677	
61	S	etwas speckig	0.049	9	wie 37 bis 40	0,605	102
62	„	„	0,049		„	0,545	
63	„	„	0,061		„	0.697	
64	„	„	0,064		„	0,630	
65	B	normal	0,014	2	wie 37 bis 40	0,606	96
66	„	„	0,015		„	0,646	
67	„	„	0,014		„	0,512	
68	„	„	0,015		„	0,564	
69	K	normal	0,000	min **)	wie 37 bis 40	0,575	105
72	„	„	0,000		„	0,633	
71	„	„	0,001		„	0,740	
101	„	„	0,000		„	0,570	

Kalksteine. (Vgl. Abb. 2 Bl. 25.)

	Grünsfelder		Kehlheimer		Marmor	
V		**155**		**138**		**115**
M	11	**164**	3	**148**	Abn*)	**129**
D	2	**165**	6	**154**	Abn*)	**137**
T	10	**149**	5	**139**	2	**111**
Z	7	**125**			2	**104**
S	41	**116**	28	**135**	9	**102**
L	35	**117**	30	**124**		
z			12	**134**		
B					2	**96**
K					min**)	**105**

*) Abn = Abnahme. **) min = minimal.

Bei dem Vergleich der Verwitterungszahlen im Mittel (Spalte 8²) ist zu beachten, daß alle testalinierten Steine mit Ausnahme der Friedersdorfer höhere Verwitterungszahlen als Tränkungszahlen zeigen; dasselbe ist von dem z-Cottaer und M-, D- und S-Tuffstein zu sagen.

II. Kalksteine und Marmor.

Zur Auslage gelangten Grünsfelder und Kehlheimer Kalkstein und Carraramarmor.

Die Verwitterungszahlen der einzelnen Steine zeigen bei den beiden Kalksteinen durchgehends nur geringe Verschiedenheiten. Ähnliches ist bei Marmor zu bemerken; durch

8) In den zeichnerischen Tabellen (Bl. 25) ist eine Zunahme durch ein + unter der Grundlinie angedeutet.

Schleswig.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Warthauer.					
29	V	normal			normal; (mit grünem Anflug)	0,03	3
32	„	„				0,01	
33	M	etwas gelblich	0,90	139	heller als normal	0,66	108
34	„	„	0,86		wie 33; bräunlich	0,71	
35	„	„	0,69		wie 33	0,53	
37	D	wie 33 bis 35	0,92	181	wie 33	0,72	134
38	„	„	1,05		„	0,77	
39	„	„	1,05		„	0,79	
40	„	„	1,20		„	0,84	
41	T	wie 33 bis 35	0,15	31	etwas heller als 37 bis 40, mit einigen dunkleren Flecken	0,27	49
43	„	„	0,19			0,32	
44	„	„	0,21			0,27	
49	S	gelbgrau	0,72	131	wie 29 u. 32, aber nicht grünlich	0,43	80
52	„	„	0,80			0,50	
53	L	wie 49 und 52, aber dunkler	1,02	182	etwas heller als 41, 43, 44	0,29	49
54	„		1,08			0,29	
55	„		0,99			0,28	
56	„		1,15			0,29	
		Friedersdorfer.					
33	V	normal			normal; (mit grünen Flecken)	+0,03	(+6)
34	„	„				+0,05	
35	„	„				+0,04	
36	„	„				+0,04	
37	M	ein wenig dunkler als normal	0,50	86	dunkler als normal	0,26	50
38	„		0,51			0,29	
39	„		0,61			0,37	
40	„		0,52			0,31	
41	D	etwas dunkler als 37 bis 40	0,51	95	wie 37 bis 40	0,29	53
42	„		0,56		„	0,31	
43	„		0,65		„	0,36	
44	„		0,64		„	0,35	
45	T	wie 41 bis 44	0,13	21	heller als normal	0,09	16
46	„	„	0,13			0,11	
47	„	„	0,13			0,10	
48	„	„	0,14			0,10	
53	Z	wie 41 bis 44	0,05	7	normal	+0,07	(+8)
54	„	„	0,04		„	+0,03	
55	„	„	0,05		„	+0,03	
56	„	„	0,04		„	+0,07	
57	S	gelblichbraun	0,54	86	dunkler als normal	0,33	55
58	„	„	0,57			0,36	
59	„	„	0,57			0,35	
60	„	„	0,52			0,35	
61	L	etwas mehr gelblichbraun wie 57 bis 60; speckig	0,76	123	normal, aber Poren dunkler	0,33	52
62	„		0,71			0,29	
63	„		0,76			0,30	
64	„		0,82			0,37	
149	z	wie 37 bis 40	0,12	19	wie 45 bis 48	0,04	9
150	„	„	0,11		„	0,08	
151	„	„	0,12		„	0,05	

eine hohe Verwitterungszahl fällt nur D 45 auf. — Aus dem Vergleich der Verwitterungszahlen im Mittel (Spalte 8²) geht hervor, daß bei allen drei Steinarten die Fluatierung eine stärkere Gewichtsabnahme verursacht hat, als sie bei den unbehandelten Steinen stattgefunden hat, und daß die testalinierten Steine sich fast ebenso verhalten wie die unbehandelten.

Ist auch eine große Reihe von Verwitterungszahlen der getränkten Steine kleiner als die der unbehandelten, so kann man in Anbetracht der geringen Tränkung und der Größe der Verwitterung von einem wirksamen Schutz des Tränkungsmittels eigentlich nur bei den Z-, S- und L-Grünsfelder Steinen sprechen.

Schleswig.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Wünschelburger.					
29	V	normal			normal; (etwas grünfleckig)	0,02	(+2)
31	„	„				0,01	
32	„	„				+0,06	
34	M	etwas dunkler als normal	0,54	93	normal mit gleichmäßigem, weniger grünem Überzug	0,44	61
35	„		0,59			0,34	
36	„		0,60			0,36	
37	D	normal	0,62	98	wie 34 bis 36	0,35	63
38	„	„	0,69		„	0,46	
39	„	„	0,59		„	0,38	
40	„	„	0,53		„	0,37	
41	T	wie 34 bis 36	0,07	15	wie 29, 31, 32	0,07	11
42	„	„	0,11		„	0,07	
43	„	„	0,09		„	0,07	
49	S	gelblichbraun; Ränder etwas mehr	0,65	96	etwas dunkler als normal; grünfleckig	0,38	59
50	„		0,56			0,33	
51	„		0,59		etwas heller als normal; grünfleckig	0,34	
52	„		0,56			0,41	
53	L	etwas mehr gelblichbraun als 49 bis 52	0,84	130	wie 51 und 52	0,31	48
54	„		0,78		„	0,30	
55	„		0,87		„	0,32	
56	„		0,75		„	0,26	
		Cottaer.					
33	V	normal			normal; (grau- und grünfleckig)	0,14	28
34	„	„				0,16	
35	„	„				0,17	
36	„	„				0,19	
37	M	etwas dunkler als normal	0,39	61	etwas bräunlicher als normal; etwas schwarzfleckig	0,31	48
38	„		0,36			0,25	
40	„		0,37			0,32	
41	D	wie 37, 38, 40	0,27	60	wie 37, 38, 40	0,21	51
42	„	„	0,37		„	0,33	
43	„	„	0,28		„	0,26	
44	„	„	0,51		„	0,40	
45	T	etwas dunkler als 37, 38, 40	0,04	8	normal, aber weniger fleckig	0,25	41
46	„		0,06			0,23	
47	„		0,05			0,25	
48	„		0,05			0,23	
53	Z	normal	0,06	8	etwas heller als normal, wenig fleckig	0,11	23
54	„	„	0,04			0,12	
55	„	„	0,04			0,21	
56	„	„	0,04			0,09	
57	S	wie 37, 38, 40	0,56	87	heller als 53 bis 56, aber mit schwärzlichen Flecken	0,49	76
58	„	„	0,54			0,46	
59	„	„	0,45			0,43	
60	„	„	0,54			0,45	
61	L	gelbdunkel	0,83	137	heller als 57 bis 60; graufleckig	0,41	70
62	„	„	0,85			0,42	
63	„	„	0,89			0,49	
64	„	„	0,77			0,39	
154	z	wie 37, 38, 40	0,07	12	wie 53 bis 56, aber etwas gleichmäßiger, kaum fleckig	0,20	25
155	„	„	0,08			0,24	
156	„	„	0,08			0,19	

Schleswig.

I. Sandsteine und Tuffstein.

Es wurden ausgelegt: Warthauer, Friedersdorfer, Wünschelburger, Cottaer Sandstein und Ettringer Tuffstein.

Bei dem Vergleich der Verwitterungszahlen der einzelnen Steine (Spalte 7²) sind größere Unterschiede bei M-Warthauer, M-Friedersdorfer, bei D- und Z-Cottaer, sowie bei den V- und L-Tuffsteinen zu beobachten.

Eine Zunahme nach der Auslage zeigten die V- und Z-Friedersdorfer, sowie ein V-Würschelburger.

Schleswig.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Tuffstein.					
29	V	normal			normal; (alle etwas grünlich)	0,25	38
30	„	„				0,17	
31	„	„				0,26	
33	M	fast normal	0,31	52	wie 29 bis 31	0,29	43
34	„	„	0,35		„	0,27	
35	„	„	0,35		„	0,26	
36	„	„	0,25		„	0,23	
37	D	etwas dunkler als normal	0,21	39	wie 29 bis 31	0,17	32
38	„		0,26		„	0,21	
44	T	etwas dunkler als 37, 38	0,08	13	wie 29 bis 31	0,19	32
49	S	etwas gelblicher	0,54	84	wie 29 bis 31	0,46	76
50	„	„	0,49		„	0,40	
51	„	„	0,51		„	0,43	
52	„	„	0,50		„	0,54	
53	L	gelblicher als 49 bis 52	0,51	74	wie 29 bis 31	0,17	37
54	„		0,47		„	0,23	
55	„		0,44		„	0,35	
56	„		0,37		„	0,15	

Sandsteine. (Vgl. Abb. 3 Bl. 25.)

	Warthauer		Frieders-dorfer		Wünschel-burger		Cottaer		Tuffstein	
V		**3**		+		+		**28**		**38**
M	139	**108**	86	**50**	93	**61**	61	**48**	52	**43**
D	181	**134**	95	**53**	98	**63**	60	**51**	39	**32**
T	31	**49**	21	**16**	15	**11**	8	**41**	13	**32**
Z			7	+			8	**23**		
S	131	**80**	86	**55**	96	**59**	87	**76**	84	**76**
L	182	**49**	123	**52**	130	**48**	137	**70**	74	**37**
z			19	**9**			12	**25**		

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Travertin.					
29	V	normal			normal	0,32	52
30	„	„			„	0,30	
31	„	„			„	0,31	
32	„	„			„	0,36	
33	M	fast normal	0,04	7	normal	0,33	53
34	„	„	0,04		„	0,34	
35	„	„	0,05		„	0,32	
36	„	„	0,05		„	0,34	
37	D	wie 33 bis 36	0,05	6	normal	0,25	47
38	„	„	0,05		„	0,32	
39	„	„	0,03		„	0,26	
40	„	„	0,03		„	0,33	
41	T	normal	0,07	8	normal	0,30	46
42	„	„	0,05		„	0,32	
43	„	„	0,04		„	0,29	
44	„	„	0,05		„	0,28	
49	S	braun	0,30	46	normal	0,27	49
50	„	„	0,25		„	0,26	
51	„	„	0,26		„	0,30	
52	„	„	0,38		„	0,43	
53	L	brauner als 49 bis 52	0,16	31	normal	0,24	32
54	„		0,20		„	0,17	
55	„		0,21		„	0,17	
56	„		0,22		„	0,24	

Bei den Verwitterungszahlen im Mittel (Spalte 8²) fällt wieder auf, daß sie bei T-Warthauer, T-, Z- und z-Cottaer und T-Tuffstein größer sind als die Tränkungszahlen.

Schleswig.

1	2	3	4	5	6²	7²	8²
		Kehlheimer.					
33	V	normal			normal	0,30	43
34	„	„			„	0,22	
35	„	„			„	0,26	
36	„	„			„	0,26	
37	M	normal	0,02	4	normal	0,29	43
38	„	„	0,01		„	0,24	
39	„	„	0,04		„	0,27	
40	„	„	0,02		„	0,25	
41	D	normal	0,03	4	normal	0,25	45
42	„	„	0,01		„	0,29	
43	„	„	0,02		„	0,28	
44	„	„	0,03		„	0,28	
45	T	etwas dunkler als normal	0,03	5	normal	0,31	49
46	„		0,05		„	0,34	
47	„		0,02		„	0,28	
48	„		0,03		„	0,29	
53	Z	normal	0,03	4	normal	0,23	37
54	„	„	0,02		„	0,24	
55	„	„	0,03		„	0.22	
56	„	„	0,03		„	0,23	
58	S	wie 45 bis 48	0,22	28	normal	0,30	46
59	„	„	0,16		„	0,28	
60	„	„	0,14		„	0,27	
61	L	etwas dunkler als 45 bis 48	0,17	33	normal	0,30	47
62	„		0,17		„	0,33	
63	„		0,17		„	0,27	
64	„		0,31		„	0,29	
145	z	wie 45 bis 48	0,09	13	normal	0,33	51
146	„	„	0,08		„	0,35	
147	„	„	0,07		„	0,31	
148	„	„	0,08		„	0,27	
		Marmor.					
1	V	normal			normal; (meistens etwas schmutzfleckig)	0,156	25
2	„	„				0,176	
3	„	„				0,139	
4	„	„				0,141	
5	M	normal	– 0,005	Abn*)	wie 1 bis 4	0,159	26
6	„	„	– 0,004		„	0,165	
7	„	„	– 0,009		„	0,150	
8	„	„	– 0,009		„	0,150	
9	D	normal	– 0,004	Abn*)	wie 1 bis 4	0,145	25
10	„	„	– 0,009		„	0,143	
11	„	„	– 0,004		„	0,158	
12	„	„	– 0,005		„	0,150	
13	T	normal	0,005	1	wie 1 bis 4	0,148	24
14	„	„	0,009		„	0,163	
15	„	„	0,007		„	0,138	
16	„	„	0,010		„	0,144	
22	Z	normal	0,017	3	wie 1 bis 4	0,459	81
23	„	„	0,013		„	0,562	
24	„	„	0,017		„	0,448	
25	S	etwas speckig	0,066	10	wie 1 bis 4	0,124	20
26	„	„	0,065		„	0,101	
27	„	„	0,060		„	0,117	
28	„	„	0,051		„	0,127	
29	B	normal	0,013	2	wie 1 bis 4	0,114	20
30	„	„	0,016		„	0,114	
31	„	„	0,014		„	0,115	
32	„	„	0,015		„	0,128	
33	K	normal	0,000	min **)	wie 1 bis 4	0,124	21
34	„	„	0,000		„	0,134	
35	„	„	0,000		„	0,120	
36	„	„	0,001		„	0,124	

*) Abn = Abnahme **) min = minimal.

Kalksteine. (Vgl. Abb. 4 Bl. 25.)

	Travertin		Kehlheimer		Marmor	
V		52		43		25
M	7	53	4	43	Abn*)	26
D	6	47	4	45	Abn*)	25
T	8	46	5	49	1	24
Z			4	37	3	81
S	46	49	28	46	10	20
L	31	32	33	47		
z			13	51		
B					2	20
K					min**)	21

*) Abn = Abnahme. **) min = minimal.

II. Kalkstein und Marmor.

Travertin, Kehlheimer Kalkstein und Marmor wurden ausgelegt.

Unter den Verwitterungszahlen der einzelnen Steine ist S-Travertin 52 besonders hoch, entsprechend der Tränkungszahl. Die Z-Marmorsteine zeigen gegenüber allen anderen Kalk- und Marmorsteinen in Schleswig so sehr hohe Verwitterungszahlen, daß man irgend einen Fehler oder eine Beschädigung vermuten muß. Beides ließ sich aber nicht nachweisen.[9])

Von einem Schutz durch die Tränkungsmittel ist wohl nur bei L-Travertin zu sprechen.

Nach der vorstehenden Schilderung des Verhaltens der einzelnen Steine und Steingruppen an den vier Auslegestellen wird es wohl nicht ohne Bedeutung sein, auch einen kurzen Vergleich der ungetränkten und gleichgetränkten Steingruppen bei einer und derselben Steinart durchzuführen, um zu sehen, in welcher Weise die verschiedenen Witterungsverhältnisse der verschiedenen Auslegestellen (B = Berlin, Kn = Köln, Hg = Hamburg, Sch = Schleswig) sich geltend gemacht haben.

Warthauer.

	Bn (1907)		Bn (1911)		Hg		Sch	
V		+		14		7		3
M	249	184	176	125	153	119	139	108
D	239	217	160	108	154	124	181	134
T	53	38	27	37	31	32	31	49
Z	40	+						
S	167	59	138	67	144	78	131	80
L			169	45	149	48	182	49
P			90	30				

Warthauer Sandstein. Während die ungetränkten Steine in Berlin 1907/9 eine geringe Zunahme zeigten, haben bei den letzten Versuchen 1911/13 die ungetränkten Steine aller Auslegestellen abgenommen, die Berliner am meisten, etwas weniger die Hamburger und bedeutend weniger die Schleswiger. Entweder muß das neue Steinmaterial etwas weniger widerstandsfähig als das von 1907 sein, oder die Witterung muß 1911/13 ungünstiger für die Steine gewesen sein als 1907/9; für letzteren Umstand spricht, daß ähnliche Beobachtungen auch noch an den unbehandelten Steinen des Cottaer Sandsteins und des Marmors in Berlin und Hamburg gemacht wurden. Auch die getränkten S-Warthauer Steine zeigen ein ähnliches Verhalten, trotzdem bei den Berliner 1907-Steinen noch mehr Szerelmey aufgenommen war. Daß die fluatierten Stücke 1907 viel mehr abgenommen haben als die der jetzigen Versuche, ist wohl durch die viel größere Menge des aufgenommenen Fluats bedingt. Eigentümlich ist dagegen die große Abnahme der T-Steine in Schleswig gegenüber denen in Berlin und Hamburg.

Friedersdorfer.

	Bn (1911)		Kn		Hg		Sch	
V		1		0		+		+
M	91	42	70	41	99	49	86	50
D	78	37	71	46	86	48	95	53
T	17	15	17	15	24	18	21	16
Z	7	3	7	2	7	+	7	+
S	91	49	78	48	81	49	86	55
L	113	47	122	53	125	50	123	52
z	21	9	25	6	20	3	19	9

Friedersdorfer Sandstein. Hier haben sich die Steine gleicher Gruppen aller vier Auslegestellen sehr gleichmäßig verhalten.

Wünschelburger.

	Bn (1911)		Sch	
V		15		+
M	81	53	93	61
D	91	57	98	63
T	11	24	15	11
S	81	53	96	59
L	118	48	130	48

Wünschelburger Sandstein. Die unbehandelten Berliner 1911-Steine zeigen eine Abnahme, die entsprechenden Schleswiger eine geringe Zunahme. Die Verwitterungszahl der T-Steine in Schleswig ist noch nicht halb so groß wie die der Berliner.

Cottaer.

	Bn (1907)		Bn (1911)		Kn		Hg		Sch	
V		15		26		39		27		28
M	48	16	63	41	65	58	69	62	61	48
D	99	83	69	51	60	42	67	62	60	51
T	12	21	8	40	2	41	2	31	8	41
Z	22	13	12	17	4	15			8	23
S	144	79	94	70	84	76	87	81	87	76
L			134	63	129	63	142	66	137	70
z			16	41	11	32	10	26	12	25

Cottaer Sandstein. Im allgemeinen zeigen die Steine der entsprechenden Gruppen ein ziemlich gleichmäßiges Verhalten, doch ist die Verwitterung bei den neuen Versuchen wieder stärker als bei den 1907 ausgelegten Steinen; besonders auffällig ist die hohe Verwitterungszahl der V- und der M-Steine in Köln, während die dortigen anderen getränkten Steine nicht die höchsten Verwitterungszahlen aufweisen.

Daß die Verwitterungszahlen bei den Berliner D-Steinen 1907 bedeutend höher sind als die der D-Steine 1911, ist durch die mehr aufgenommene Tränkungsmasse zu erklären.

---

9) Ich beabsichtige, noch einmal vier ungetränkte und vier zaponierte Marmorstücke in Schleswig auszulegen.

	Obernkirchner						Alter Obernkirchner	
	Bn (1911)		Kn		Hg		Kn	
V				**5**		**10**		**25**
M			25	**15**	24	**20**	20	**31**
D			26	**17**	27	**24**	23	**31**
T			10	**11**	7	**13**	11	**23**
Z							5	**17**
S			86	**47**	83	**47**	73	**58**
L			77	**34**	69	**31**	69	**40**
P	42	12						

Obernkirchner neu und alt. Die Steine zeigen ein ziemlich gleichmäßiges Verhalten mit dem Unterschiede, daß die Verwitterungszahlen bei den alten Steinen insgesamt etwas höher sind.

Tuffstein.

	Bn (1911)		Hg		Sch	
V		**51**		**48**		**38**
M	74	**77**	47	**66**	52	**43**
D	39	**56**	39	**55**	39	**32**
T	14	**48**	17	**52**	13	**32**
S	164	**74**	87	**88**	84	**76**
L	64	**29**	77	**41**	74	**37**
P	29	**43**				

Tuffstein. Entsprechend der geringeren Gewichtsabnahme der unbehandelten Steine in Schleswig haben auch die getränkten dort im allgemeinen weniger abgenommen als in Berlin und Hamburg; bemerkenswert ist, daß die Berliner S-Steine trotz der Aufnahme von besonders viel Szerelmey sich ähnlich wie die anderen S-Steine verhalten haben.

Baumberger Sandstein, Grünsfelder und Caener Kalkstein lagen nur an je einem Orte aus.

Travertin.

	Bn (1911)		Sch	
V		**139**		**52**
M	7	**141**	7	**53**
D	6	**157**	6	**47**
T	8	**135**	8	**46**
S	34	**110**	46	**49**
L	22	**100**	31	**32**

Travertin. Ungetränkte wie getränkte Steine haben in Berlin 1911 eine zwei- bis dreimal größere Gewichtsabnahme erfahren als die Schleswiger Steine.

Kirchheimer.

	Bn (1907)		Bn (1911)	
V		**159**		**171**
M	6	**157**	0	**175**
D	13	**162**	0	**172**
T	5	**147**	2	**154**
Z	11	**148**	4	**142**
S	23	**108**	7	**135**
L			8	**123**

Kirchheimer Kalkstein. Auch bei diesen Steinen zeigt sich wieder, daß die Verwitterungszahlen 1911/13 etwas höher sind als die für 1907/9, eine Ausnahme machen nur die zaponierten Steine, welche aber auch 1907 mehr Tränkungsmasse aufgenommen haben.

Kehlheimer.

	Bn (1911)		Kn		Hg		Sch	
V		**116**		**125**		**138**		**43**
M	5	**143**	4	**135**	3	**148**	4	**43**
D	3	**144**	6	**142**	6	**154**	4	**45**
T	5	**130**	6	**125**	5	**139**	5	**49**
Z	3	**99**	5	**115**			4	**37**
S	27	**111**	36	**110**	28	**135**	28	**46**
L	30	**107**	36	**115**	30	**124**	33	**47**
z	13	**123**	12	**123**	12	**134**	13	**51**
P	17	**84**						

Kehlheimer Kalkstein. Wie bei dem Travertin beträgt die Abnahme der Schleswiger Steine durchgehends nur $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Abnahme der Steine der anderen drei Auslegestellen.

Marmor.

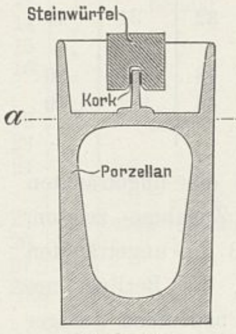
	Bn (1907)		Bn (1911)		Hg		Sch	
V		**80**		**107**		**115**		**25**
M	2	**100**			Abn*)	**129**	Abn*)	**26**
D	1	**104**			Abn*)	**137**	Abn*)	**25**
T	2	**78**			2	**111**	1	**24**
Z	14	**79**			2	**104**	3	**81**
S					9	**102**	10	**20**
B	7	**45**	3	**31**	2	**96**	2	**20**
K	1	**82**		-	min**)	**105**	min**)	**21**

*) Abn = Abnahme. **) min = minimal.

Marmor. Auch bei dem Marmor hat sich das Schleswiger Klima viel günstiger als das in Berlin und Hamburg erwiesen. Die außergewöhnlich hohe Verwitterungszahl für den zaponierten Marmor ist, wie schon oben erwähnt, kaum zu erklären. Die Verwitterungszahlen der beiden Gruppen Berlin 1911/13 deuten wieder darauf, daß in diesen Jahren die Witterung für die Steine ungünstiger gewesen sein muß als in den Jahren 1907/09.

Die hohen Verwitterungszahlen der fluatierten Steine in Hamburg lassen wie bei den früheren Versuchen[10]) schon erkennen, daß Fluate für die Erhaltung des Marmors nicht gerade geeignet sind.

Zum Schluß dieses Abschnitts muß ich aber auch hier wie bei den früheren Veröffentlichungen betonen, daß alle Versuchsergebnisse nach **zweijähriger** Auslage noch sehr wenig über die Wirksamkeit oder Unwirksamkeit eines der Steinschutzmittel besagen, so bemerkenswert auch manche der im Vorstehenden angeführten Vergleiche sein mögen.



Querschnitt.



Schnitt a b.
Abb. 2.

Versuche mit freistehenden Steinwürfeln.

In meiner ersten Veröffentlichung habe ich schon erwähnt, daß die Erweiterung der Versuche auch dahin beabsichtigt war, die durch den Regen ausgelaugten und etwa abfallenden Teile der Versuchssteine aufzufangen.

10) Zeitschrift f. Bauwesen 63. Jahrg. (1913) S. 78.



Abb. 3.

Um das zu bewerkstelligen, dachte ich zuerst an eine Versuchsanordnung, wie sie Hirschwald in seinem Buche: Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit. Berlin 1908. S. 232 angegeben hat. Da aber die Gefäße auch im Winter im Freien stehen sollten und ein Gefrieren des aufgefangenen Wassers voraussichtlich ein Springen der Glasgefäßwandungen herbeiführen konnte, so wählte ich Porzellangefäße, bei denen ein kleiner Mittelstab von drei radial angeordneten Stützen im oberen Teil des Becherinnern (Abb. 2) getragen wurde. Diese mir von der Firma W. Haldenwanger in Spandau gelieferten Porzellanbecher haben sich aufs beste bewährt, kein einziger von ihnen hat in den beiden Wintern durch den Frost Beschädigungen erfahren.

Die 5 · 5 · 5 cm-Steinwürfel wurden mit einem durchbohrten Korken auf der Zapfenspitze befestigt; irgend eine Verwitterung des ja auch gegen den Regen völlig geschützten Korkens ist nicht bemerkt worden; trotzdem sind jetzt bei der erneuten Aufstellung wieder frische Korken verwendet worden.

Die Steinwürfel sind vor wie nach der Aufstellung auf dem Dache des Neuen Museums in Berlin genau so behandelt wie die kleinen in den Glaskästen ausliegenden Stücke 7 · 3 · 1 cm. Berlin wurde gewählt, weil dort die Hauptmenge der sonst zu beobachtenden Steine auslag und vor allem, weil damit kein umständlicher Versand und so auch keine großen Ausgaben verknüpft waren. Das flache Dach ist mit einer Kiesschicht bedeckt, die aber größtenteils von einem ziemlich dicken Moospolster überzogen ist. Die Porzellangefäße wurden auf Holzbalken (Abb. 3) so aufgestellt, daß ihre Öffnungen gut 50 cm über der Dachfläche standen. Um das Niedersitzen der Vögel zu verhindern, wurde über dem Ganzen ein weitmaschiges Netz ausgespannt.

Es wurden je drei Würfel Friedersdorfer und Cottaer Sandstein und Kehlheimer Kalkstein aufgestellt, und zwar in je sieben Gruppen, unbehandelt, mit Magnesiumfluat, Doppelfluat, Testalin, Zapon, Szerelmey und Leinölfirnis getränkt. Außerdem wurden vier Porzellangefäße ohne Steine ausgestellt.

Das in den zwei Jahren der Aufstellung in den Gefäßen sich ansammelnde Wasser nebst festen Teilen wurde den Gefäßen entnommen, sowie eine größere Menge vorhanden war, und zwar insgesamt fünfmal in den zwei Jahren. Nach dem Filtrieren des Wassers wurde der durch Ruß immer schwarze Rückstand, nachdem vorhandene Insektenleichen, Ahornfrüchte u. a. herausgesucht waren, sorgfältig mit heißem destilliertem Wasser ausgewaschen, getrocknet, gewogen, verascht und nochmals gewogen. Ebenso wurden Filtrat und Waschwasser eingedampft, getrocknet, gewogen, verascht und nochmals gewogen. Das Gewicht des veraschten Rückstandes von drei steinlosen Gefäßen (berechnet aus den vier aufgestellten) beträgt 3,65 g, das des veraschten löslichen Teils 1,80 g, insgesamt also 5,45 g. Diese Zahl ist also von den entsprechenden Zahlen abzuziehen, die bei den mit Steinen beschickten Gefäßen erhalten wurden, dann erhält man die Zahlen Spalte 2 und 3 der folgenden Tabellen, welche addiert (Spalte 4) angeben, wie groß das Gewicht der den je drei Steinen entzogenen Bestandteile ist, vermehrt um das Gewicht der durch die Verwitterungsvorgänge aufgenommenen Stoffe, z. B. Schwefelsäure. Voraussichtlich müssen deshalb diese Zahlen, die ich kurz als Aschenzahlen bezeichne, umgerechnet auf eine Fläche von 1 qm (Spalte 5), auch höher sein als die unmittelbar durch Wägung der Steine ermittelte Gewichtsabnahme, ebenfalls auf 1 qm berechnet (Sp. 6). Zum Vergleich füge ich noch die Verwitterungszahlen der 7 · 3 · 1-Steine (Spalte 7)[11]) hinzu. Die erste Spalte endlich enthält das von den Würfeln aufgenommene Tränkungsmittel, ebenfalls in Gramm auf 1 qm berechnet.

Friedersdorfer Sandstein.

	1	2	3	4	5	6	7
V		1,74	0,89	2,63	**56**	**7**	1
M	146	1,39	1,46	2,85	**61**	**59**	42
D	125	1,46	1,15	2,61	**56**	**50**	37
T	19	1,77	1,19	2,96	**63**	**30**	15
Z	7	1,48	1,14	2,62	**57**	**11**	3
S	109	1,53	0,79	2,32	**52**	**49**	49
L	130	1,66	0,77	2,43	**52**	**41**	47

Cottaer Sandstein.

	1	2	3	4	5	6	7
V		3,32	0,92	4,24	**96**	**68**	26
M	45	2,40	0,73	3,13	**72**	**38**	41
D	32	4,26	0,66	4,92	**110**	**28**	51
T	1	2,10	0,74	2,84	**65**	**63**	40
Z	8	1,78	1,02	2,80	**64**	**54**	17
S	141	1,89	0,60	2,49	**57**	**93**	70
L	140	1,81	0,74	2,55	**59**	**44**	60

Kehlheimer Kalkstein.

	1	2	3	4	5	6	7
V		4,87	1,09	5,96	**130**	**163**	116
M	2	7,05	1,31	8,36	**187**	**171**	143
D	5	8,58	1,15	9,73	**214**	**183**	144
T	9	5,51	1,75	7,26	**157**	**138**	130
Z	4	5,92	1,27	7,19	**160**	**132**	99
S	46	5,67	0,71	6,38	**140**	**124**	111
L	55	4,04	1,16	5,20	**114**	**120**	107

In den meisten Fällen trifft die oben ausgesprochene Ansicht zu, daß die Aschenzahlen höher sind als die Verwitterungszahlen. Ausnahmen bilden die S-Cottaer, V-Kehlheimer und L-Kehlheimer Steine. Bei den letzten ist die

11) Dieselben Zahlen, also wie in Spalte 8^2 der ersten Zahlentabellen dieser Mitteilung.

Aschenzahl immerhin nicht viel kleiner als die Verwitterungszahl, aber bei dem S-Cottaer und bei dem V-Kehlheimer ist der große Unterschied ganz auffallend und unerklärlich. Ebensowenig verständlich sind aber die großen Unterschiede bei V-, T- und Z-Friedersdorfer und bei M- und D-Cottaer. Auch bei V-Cottaer und bei mehreren Kehlheimer Steinen ist der Unterschied ziemlich groß. Bei den drei erstgenannten Gruppen des Friedersdorfers scheint bei dem Vergleich mit den Verwitterungszahlen der 7 · 3 · 1-Steine eine gewisse Gesetzmäßigkeit zu walten:

	5	6	7
V	56	7	1
T	63	30	15
Z	57	11	3

Daß die Verwitterungszahlen der 7 · 3 · 1-Steine im allgemeinen (mit vier Ausnahmen) kleiner sind als die der Würfel, ist sicher darin begründet, daß sie in den Glaskästen viel geschützter gegen die Verwitterung sind als die von allen Seiten frei aufgestellten Würfel.

Als ich diese Gefäßversuche in Angriff nahm, hoffte ich aus Art und Menge der in den Gefäßen aufgefangenen Verbindungen Aufschlüsse zu erhalten. Das ist aber bei der bisherigen Aufstellung der Gefäße auf dem Dach des Neuen Museums unmöglich, denn bei der großen Menge der aufgefangenen Stoffe, die nicht aus dem Stein stammen, sondern vom Staube der Luft und dem Ruß und der Flugasche der Museumsschornsteine herrühren, ist eine Trennung unmöglich, da Staub und Flugasche zum Teil aus denselben Substanzen bestehen, wie sie in den Steinen enthalten sind, nämlich aus schwefelsaurem Kalk (durch Einwirkung der Schwefelsäure auf den kohlensauren Kalk), Kieselsäure, Eisenoxyd und Tonerde. Von einer genauen qualitativen und quantitativen Analyse wurde daher abgesehen, insbesondere auch nicht versucht, etwaige organische Substanz, die z. B. aus dem Szerelmey stammen konnte, nachzuweisen, da mit dem Ruß zugleich ja auch Kohlenstoffverbindungen in die Gefäße gelangten. Ich habe wegen der Unregelmäßigkeiten in den obigen Zahlentabellen noch die folgenden Bestimmungen ausgeführt. Es wurden vier leere Gefäße vom 21. September 1914 bis 9. Januar 1915, also 110 Tage, ausgestellt. Die Asche des eingedampften Inhalts dieser Gefäße wog

0,130 0,159 0,156 0,163 g.

Zwei weitere Gefäße waren in der Zeit vom 2. November 1914 bis 9. Januar 1915, also nur 68 Tage, ausgestellt. Bei diesen betrug das Gewicht der Asche

0,186 und 0,186 g.

Trotzdem diese Gefäße also viel kürzere Zeit ausgestellt waren, ist ihre Aschenzahl doch höher. Die gute Übereinstimmung einzelner dieser Zahlen besagt wenig gegenüber den großen Unterschieden der anderen. So muß es sicher zu unrichtigen Ergebnissen führen, wenn man den für die von außen kommenden Substanzen, Staub und Flugasche errechneten Durchschnitt (5,45) von der Gesamtasche von je drei Gefäßen abzieht. Es ist daher kein Wunder, daß auch die obigen drei Tabellen Übereinstimmungen und Abweichungen zeigen, die sicher in erster Linie durch die verschiedene Verteilung der aus den Museumsschornsteinen stammenden Flugasche bedingt sind, trotzdem der nächste Schornstein doch etwa 7 m entfernt ist. Daß das die einzige Ursache der Ungleichheiten ist, möchte ich nicht behaupten. Auch ungleiches Verhalten der Würfel ein und derselben Steinart, besonders bei dem Cottaer, mag mitwirken, und endlich kommen noch Zufälligkeiten in Frage, z. B. das Hineinfallen von Auswurfstoffen fliegender Vögel, von verschiedenen Insekten und von Samenkörnern. Schließlich ist es auch nicht unmöglich, daß einmal Menschenhand mit im Spiel ist. Trotzdem der Zugang zum Dach des Museums verschlossen ist, kommen ja Schornsteinfeger, Klempner und andere Leute auf das Dach, denen allerdings strengstens untersagt ist, die aufgestellten Steine zu berühren. Alles aber berechtigt zu dem Wunsche, die Gefäße anderweitig aufzustellen, wo wenigstens einige dieser Übelstände wegfallen, vor allem die Flugasche. Ich bin zurzeit auf der Suche nach einem solchen Ort.

Steinschutzmittel und Algen.

Die ebenfalls in Aussicht genommenen Versuche über das Auftreten und das Wachstum von Algen auf den verschieden behandelten Steinen konnte ich, wie erwähnt, auf der Pfaueninsel anstellen. Die dort ausgelegten Steine sind in etwa vierteljährlichen Zwischenräumen besichtigt worden. Ich möchte hier nur die nach zweijähriger Auslage gemachten Beobachtungen wiedergeben, die sich auf das Aussehen der nach oben freiliegenden Fläche von 7 · 3 · 1 cm großen Steinen beziehen.

Warthauer Sandstein.

V schwach grün
M grün
D schwach grün
T grün
Z grün
S frei von Algen
L frei von Algen.

Cottaer Sandstein.

V zu $^3/_4$ stark grün
M zu $^4/_5$ grün
D zu $^3/_4$ grün
T grün
Z zu $^4/_5$ stark grün
S zu $^3/_4$ grün
L frei von Algen.

Ettringer Tuffstein.

V zu $^3/_4$ grün, zu $^1/_4$ grün gefleckt
M fast ganz grün
D „ „ „
T grün, z. T. schwach grünlich
Z zu $^3/_4$ stark grün
S zu $^1/_4$ schwach grün
L schwach grün.

Grünsfelder Kalkstein.

Alle Steine frei von Algen.

Marmor.

Alle Steine frei von Algen.

Danach hängt das Vorkommen von Algen hauptsächlich von der Gesteinsart ab, denn Kalkstein und Marmor waren frei von Algenbildung. Bei den Sandsteinen und Tuffstein scheint im allgemeinen das Tränkungsmittel nicht von Belang zu sein, nur bei dem Warthauer und Cottaer Sandstein hat der Leinölfirnis und bei dem Warthauer das Szerelmey die Steine frei von Algenbildung gehalten. Das gilt aber nur für die Zeit nach zwei Jahren; inzwischen haben die Steine auf der Pfaueninsel weiter ausgelegen, und heute sind auch diese drei Steingruppen mit Algen bedeckt; auch die Kalksteine und der Marmor zeigen z. T. heute stellenweise schwache Algenbildung. Wesentlich ist selbstverständlich auch der Ort der Auslage mit seinen besonderen klimatischen Verhältnissen für das Auftreten von Algen. Das ist aus dem Aussehen der in Berlin, Köln, Hamburg und Schleswig ausgelegten 7 · 3 · 1 cm-

Steine zu ersehen, wie es in den Tabellen auf S. 225 bis 242 verzeichnet steht, und wie es am auffälligsten wohl aus dem Verhalten des Obernkirchner Sandsteins in Köln und in Hamburg hervorgeht. Kurz zusammengefaßt läßt sich über diese Steine sagen: In Berlin ist nirgends eine Grünfärbung beobachtet worden. In Köln sind der Friedersdorfer Sandstein und der Kehlheimer Kalkstein ebenfalls frei von Algen, während alle anderen Steinarten solche aufweisen; ohne Algen sind die Gruppen M- und D-Cottaer, M- und D-Obernkirchner, neu wie alt, und der größere Teil der Z- und S-Caener Steine. In Hamburg sind ohne Algen alle Steine mit Ausnahme der Cottaer und Tuffsteine, die in allen Gruppen Algenbildung aufweisen. In Schleswig sind frei von Algen Travertin, Kehlheimer und Marmor und alle getränkten Warthauer, Friedersdorfer und Cottaer Steine, während die drei unbehandelten Gruppen dieser Steine Grünfärbung zeigen. — Danach kann man sagen, daß in gewissen Fällen verschiedene Steinschutzmittel eine Algenbildung verhindern können. Wie lange diese Wirkung vorhält, ist vorläufig natürlich noch nicht anzugeben.

Zum Schluß ist zu erwähnen, daß außer den bisher besprochenen Steinen weitere unbehandelte und getränkte Steine 7 · 3 · 1 cm ausgelegt worden sind, von denen nach einer Reihe von Jahren, wenn eine sichtbare Verwitterung eingetreten ist, Schnitte angefertigt werden sollen. Zum Vergleich werden dann auch Schnitte von ebensolchen Steinen hergestellt werden, die nicht der Verwitterung ausgesetzt worden sind, sondern in einem trockenen Raum des Laboratoriums aufbewahrt werden.

Die Havelregulierungsbauten bei Brandenburg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 26 bis 28 im Atlas.)

Im Flußgebiet der unteren Havel hatten im Laufe der Zeit ungünstige örtliche Verhältnisse (das geringe Gefälle des Flusses in Verbindung mit den zahllosen, ausgedehnten seeartigen Erweiterungen), Einwirkungen, wie sie zugunsten der Landeskultur und vor allem der Volkswirtschaft und Volkswohlfahrt von den Landesherren in früheren Jahrhunderten vorgenommen waren (Herstellung der Sperrdämme bei Brandenburg und Rathenow, und die Anlagen von Mühlen daselbst), Eigenmächtigkeiten der in Frage kommenden Beteiligten und Anlieger (der Fischer, die zahllose Fischwehre eingebaut hatten, der Mühlenbesitzer, die ihre Wasserkräfte oft in rücksichtsloser Weise ausnutzten, der Anlieger und Gemeinden, die durch ihre Uferanlagen, Brücken, Bollwerke, Anlegestellen usw. den Fluß an vielen Stellen unzulässig eingeengt hatten), schließlich auch die zunehmende Schiffahrt von Hamburg und Magdeburg nach Berlin in ihrem Zusammenwirken Zustände entstehen lassen, die die Vorflut des Flusses immer mehr und mehr nachteilig beeinflussen mußten, indem sie insbesondere die Abführung des Frühjahrshochwassers oft bis lange in den Sommer hinein verzögerten. Dadurch war notwendigerweise die Wiesenwirtschaft der 37000 ha umfassenden Havelniederung von Potsdam bis zur Elbe, die zu ihrer gedeihlichen Entwicklung gerade auf zeitige Entfernung des Winterwassers von den Ländereien angewiesen war, nach und nach einem Zustand großer Unsicherheit und Unwirtschaftlichkeit entgegengeführt, ja gleichsam an den Rand des Verderbens gebracht worden. Wenn auch die preußische Staatsregierung, veranlaßt durch die ständigen und bewegten Klagen der beteiligten Landwirte, bereits seit Anfang des 19. Jahrhunderts der Vorflut der unteren Havel unausgesetzt große Aufmerksamkeit und lebhafte Fürsorge gewidmet und fast alljährlich namhafte Beträge für Baggerungen, Ausführung von Meliorationen und Vorflutverbesserungen usw. aufgewendet hatte, so waren doch durch diese sich stets nur auf einzelne Teile des Flusses erstreckenden Maßnahmen nie mehr als rein örtliche und vorübergehende Erfolge erzielt worden. Kein Wunder, wenn infolgedessen immer mehr die Erkenntnis Platz griff, daß diesen großen Mißständen an der unteren Havel nur dann mit einiger Aussicht auf Erfolg abzuhelfen sei, wenn eine gründliche, von einheitlichen Gesichtspunkten ausgehende Umgestaltung der gesamten Abflußverhältnisse der unteren Havel vorgenommen werde. Den Anfang zur Verwirklichung dieser großzügigen Kulturaufgabe brachte nach langjährigen Vorarbeiten, Verhandlungen und Entwurfbearbeitungen das Gesetz vom 4. August 1904, in dem der preußische Staat die Mittel zum Ausbau der unteren Havel für die Verbesserung ihrer Vorflut in Höhe von rd. $7^3/_4$ Mill. Mark zur Verfügung stellte. Hierzu kam noch ein Beitrag von rd. 1,5 Mill. Mark, der von den beteiligten Provinzen Brandenburg und Sachsen geleistet werden sollte. Da die Maßnahmen zugunsten der Vorflutverbesserung auch der auf der unteren Havel besonders lebhaften Schiffahrt mancherlei Vorteile brachten, die zur besseren Ausnutzung noch weitere, lediglich der Schiffahrt dienende Anlagen erforderte, so wurden im Anschluß hieran noch rd. 2 Mill. Mark durch dasselbe Gesetz lediglich zu Schiffahrtzwecken bereitgestellt, sodaß die gesamten für die Regulierung der unteren Havel bereitgestellten Mittel die Höhe von 11390000 Mark erreichten. Alle hiernach angeordneten Bauausführungen wurden unter der Bezeichnung „die Verbesserung der Vorflut- und Schiffahrtverhältnisse in der unteren Havel“ zusammengefaßt und einer besonderen Bauleitung unter dem Regierungs- und Baurat Holmgreen in Rathenow übertragen.

Von den im Rahmen dieses Planes ausgeführten Bauanlagen bilden die Arbeiten bei Brandenburg a. d. Havel, deren örtliche Bauleitung dem Verfasser obgelegen hat, ein in sich abgeschlossenes Ganzes. Sie können daher, ohne daß auf die übrigen Arbeiten näher eingegangen zu werden braucht, hier für sich betrachtet werden.

Vorhandene Zustände.

Vor Inangriffnahme der Arbeiten lagen in Brandenburg a. d. Havel folgende örtliche Verhältnisse vor:

Der bei Brandenburg in der Havel vorhandene Stau war durch das Stauregulativ vom 5. September 1832 und den Nachtrag vom 13. Dezember 1856 dahin geregelt, daß als

Stauziel im Oberwasser für die Zeit vom 1. November bis 31. März + 2,20 m am Brandenburger Pegel (Null = + 27,127 m N. N.), für die übrige Zeit + 1,99 m gelten sollte. Sobald diese Wasserstände in den entsprechenden Zeiträumen überschritten wurden, waren sämtliche Freiarchen und Mühlengerinne so lange geöffnet zu halten, bis das Oberwasser wieder auf das Stauziel abgesenkt war. Auf das Steigen des Unterwassers sollte dabei keine Rücksicht genommen werden, selbst wenn die Wasserräder der Mühlen im Unterwasser badeten. Der Zweck dieser Verordnung war der, daß im Sommer die Wiesen im Haveltal oberhalb Brandenburgs, die einen Flächeninhalt von rd. 5700 ha aufweisen, zur Beförderung des Graswuchses, insbesondere des für die Havelniederung eigentümlichen, als Süß- und Nutzgras außerordentlich geschätzten Havelmielitz (phalaris arundinacea) rechtzeitig, d. h. zu Beginn des Wachstums, also Anfang bis Mitte Mai, trocken gelegt sein sollten. In den Herbst- und Wintermonaten dagegen, wo eine Überstauung der Ufer nicht nur unschädlich, sondern zur Berieselung und Beschlickung der Wiesen sogar vorteilhaft war und von den Landwirten gewünscht wurde, sollten mehr die Interessen der Mühlen, die in dieser Zeit unter dem Ansteigen des Unterwassers zu leiden hatten, durch Erhöhung des Stauzieles gefördert werden. Obwohl dieses Regulativ, das die Frucht jahrzehntelanger Verhandlungen gewesen war und das äußerste Entgegenkommen der beiden am meisten beteiligten Gruppen, der Landwirte und der Müller, darstellte, seitens der Königlichen Regierung in Potsdam fast immer mit großer Strenge durchgeführt, und obwohl mit der Bedienung der Freiarchen und der Überwachung der Müller in Brandenburg ein besonderer Archenwächter betraut wurde, war es doch nicht zu verhindern, daß das Stauziel, besonders in den Frühjahrsmonaten, oft sogar sehr beträchtlich überschritten wurde. Diese Tatsache erklärt sich zunächst dadurch, daß die Freiarchen in Brandenburg schon zur Zeit der Aufstellung des Regulativs nicht ganz ausreichend gewesen waren; denn man ging damals schon mit dem Gedanken um, eine weitere 20 m weite Freiarche zu bauen, ließ den Plan aber fallen, um zunächst die Wirkungen des Stauregulativs abzuwarten. Mit der Zeit verschoben sich außerdem die Bedingungen, unter denen das Regulativ erlassen war, immer mehr zuungunsten der Vorflut bei Brandenburg. So hatten z. B. die Müller nach und nach bei Vervollkommnung und Verbesserung ihrer Wasserräder und Getriebe das früher im Gebrauch gehabte Pansterzeug, das ihnen das Hochziehen der Wasserräder unter gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Betriebes gestattete und den Rückstau des ansteigenden Unterwassers unschädlich machte, abgeschafft und beschränkten so den Durchfluß durch die Mühlengerinne bei hohem Unterwasser nicht unbeträchtlich. Sie ließen ferner, wohl infolge der ihnen durch die Gewerbeordnung auferlegten Betriebseinschränkungen, die Wasserräder an den Sonntagen und häufig auch des Nachts überhaupt nicht laufen. Hierzu kam, daß einige, wenn auch nur kleine Gerinne von der Stadt Brandenburg zugeschüttet und wohl auch sonstige Veränderungen an anderen Mühlengerinnen sowie an den in den Mühlen befindlichen Freigerinnen vorgenommen worden waren. Kein Wunder, wenn schließlich in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts gerade im Monat April, wo die Havel gewöhnlich ihre größte Wasserführung aufweist, häufig nicht so viel Wasser durch die Brandenburger Archen abfloß, wie die Havel oberhalb zuführte; infolgedessen schwoll das Oberwasser, anstatt im Laufe des Monats April langsam auf + 1,99 abzusinken, wie man nach dem Stauregulativ hätte erwarten sollen, immer mehr an und erreichte meist erst um die Mitte des Monats seinen Höhepunkt; Wasserstände + 2,60 bis + 2,70 m am Brandenburger Pegel waren dann durchaus keine Seltenheit, ja im April 1888 wurde sogar + 2,81 m beobachtet. Welch ungeheuerer Wasservorrat bei diesen Wasserständen im Havelbecken oberhalb Brandenburgs aufgespeichert wird, möge die Tatsache lehren, daß der Stauraum des Havelbeckens von + 1,99 bis + 2,20 rd. 20 Mill. cbm, der von + 2,20 bis + 2,60 60 Mill. cbm aufzunehmen vermag, und daß bei weiterem Ansteigen die Aufnahmefähigkeit noch bedeutend stärker zunimmt. Infolge dieser durch die großen Seegebiete und die sehr flach ansteigenden Ufer begründeten Aufspeicherungen konnte das Oberwasser in Brandenburg nur in sehr trockenen Frühjahren, wo die Wasserzufuhr von oben her bald merkbar abnahm, so zeitig auf das Sommerstauziel absinken, daß die Wiesen im Wachstum nicht beeinträchtigt wurden. Meist trat dieser Fall jedoch nicht ein, und es dauerte daher oft bis in den Juni, ja häufig bis in den Juli hinein, ehe das Stauziel erreicht war; in diesen Jahren war der Aufwuchs der Wiesen höchstens noch in der Nachmahd zu verwerten.

Die Schiffahrt auf der unteren Havel wurde durch die mangelhafte Vorflut an sich wenig in Mitleidenschaft gezogen, im Gegenteil, sie konnte bei den hohen Wasserständen der Frühjahrsmonate den Tiefgang der Fahrzeuge in ausgedehntestem Maße ausnutzen; tatsächlich sind im April und Mai auf der unteren Havel mehrfach Fahrzeuge mit 800 bis 900 t durch die Hebestelle in Brandenburg festgestellt worden. Der Nachteil, daß die hohen Wasserstände die Gefahr außerhalb des Flußbettes oder der Fahrrinne aufzufahren vergrößerten und die Durchfahrt durch die besonders in der Stadt Brandenburg vorhandenen niedrigen Brücken erschwerten, fiel demgegenüber nur wenig ins Gewicht.

Die Überwindung des Staues bei Brandenburg konnte die Schiffahrt bis zum Jahre 1883 nur durch die sogenannte „Stadtschleuse", einer hölzernen, in den Jahren 1548/50 vom Kurfürsten Joachim I. angelegten Kesselschleuse bewirken (vgl. *F* in Abb. 1 Bl. 26). Dieses sehr geräumige Bauwerk kann etwa acht Finowkähne auf einmal aufnehmen; die Torweite ist jedoch für Fahrzeuge von über 7 m Breite zu eng; außerdem nehmen die Schleusungen stets lange Zeit in Anspruch, da die Füllung und Entleerung des großen Kessels bei der Bauart in Holz nur mittels Torschützen möglich ist. Bei dem in den 70er Jahren eingetretenen Aufschwung der Binnenschiffahrt im Gebiet zwischen Elbe und Oder sah man sich infolgedessen gezwungen, in den Jahren 1881/83 eine weitere Schleusungsgelegenheit bei Brandenburg zu schaffen, die vor allem auch für Kähne von 65 m Länge und 8 m Breite (600 t-Schiffe) benutzbar sein sollte. Für diese fand man damals keinen anderen Platz als zwischen dem südlichen Ende des Beetzsees und der oberen Havel in dem Gelände der Krakauer Vorstadt, wo man sie im Zuge eines neuen Durchstiches anlegte; sie erhielt den Namen „Vorstadtschleuse" (*K* in Abb. 1 Bl. 26). Demzufolge entwickelte sich nun die

Schiffahrt bei Brandenburg in der Weise, daß die Schleppzüge, die große Schiffe enthielten, durch die Stadt in den Beetzsee und durch die Vorstadtschleuse fuhren, während alle übrigen nach wie vor die Stadtschleuse benutzten, wo sie ihre Züge nicht zu zerlegen brauchten, und die für den Schiffahrtbetrieb erforderlichen Bezugsquellen usw. vorhanden waren. Allerdings wurde die neue Vorstadtschleuse, je mehr die größeren Schiffe in Aufnahme kamen, immer mehr benutzt, so daß Ende der 90er Jahre die Vorstadtschleuse bereits ziemlich die Hälfte aller Fahrzuge beförderte. Dieses Benutzungsverhältnis ist dann bis zur Eröffnung der Schleppzugschleuse im Jahre 1909 immer dasselbe geblieben.

Beide Schiffahrtwege durch die Stadt Brandenburg waren nichts weniger als mustergültig. Für die Stadtschleuse bildete im Oberwasser der Stadtkanal mit seinen Krümmungen und Liegestellen, besonders aber infolge der beiden niedrigen Brücken, der Steintor- und der St. Annenbrücke (*G* und *E* in Abb. 1 Bl. 26) sowie dadurch eine sehr unbequeme Zufahrt, daß infolge jener Zustände auf ihm nur mit drei Anhängen gefahren werden darf, während sonst auf der unteren Havelwasserstraße überall sechs Anhänge zugelassen sind. Die Zufahrt zur Vorstadtschleuse führte im Unterwasser auf 2 km Länge durch die Ortslage der Stadt Brandenburg und erschwerte der Schiffahrt den Weg durch drei niedrige Brücken, durch starke Krümmungen und große Unübersichtlichkeit um so mehr, als die Brücken mit Rücksicht auf den städtischen Straßenverkehr nicht zu jeder Zeit geöffnet wurden.

Grundlagen für die Bauausführungen.

Demzufolge mußte es erste Aufgabe der Havelregulierung sein, die Abflußöffnungen im Staudamm auf eine solche Weite zu bringen, daß es möglich war, während der Wintermonate einen Stau von + 2,20 B. P. nicht überschreiten zu lassen und den Stauraum von + 2,20 bis + 1,99 m bei stärkster Wasserführung der Havel in längstens vier Wochen, etwa bis zum 1. Mai, ablaufen lassen zu können. Die angestellten Berechnungen hatten ergeben, daß die Mühlengerinne und Freiarchen zur Erfüllung dieser Forderung statt der bisherigen Leistungsfähigkeit von 140 bis 160 cbm/sek. eine solche von 210 bis 220 cbm/sek., also 50 vH. mehr haben müßten. Nach den in Brandenburg vorhandenen Bebauungs- und sonstigen Verhältnissen war eine solche Erweiterung nur an der sogenannten Stimmingsarche (*J* in Abb. 1 Bl. 26) möglich, die bis dahin aus drei Öffnungen von je 1,68 m Weite bestand, und mit ihrem Fachbaum auf + 1,30 m a. B. P. lag. Zugunsten größter Leistungsfähigkeit empfahl es sich, das neue Bauwerk zunächst soweit wie möglich nach der Tiefe, d. h. bis zur Sohle der Zuflußkanäle, und im übrigen nach der Breite auszudehnen. Da die Sohle der Oberkanäle nicht tiefer als auf + 0,50 B. P. gelegt werden konnte, so ergab sich unter Festhaltung der errechneten Durchflußmengen bei größtem Hochwasser und stärkstem Wasserdurchfluß von rd. 70 cbm/sek. eine lichte Weite des Bauwerks von rd. 20 m.

Die Vermehrung der Hochwassermenge im Unterwasser um den hohen Betrag von rd. 70 cbm/sek. schloß die Möglichkeit aus, in Zukunft das ganze Hochwasser wie bisher durch die Stadt Brandenburg dem Plauer See zuzuführen (vgl. Abb. 1 Bl. 26). Die Bebauung und die sonstigen örtlichen Verhältnisse hätten die Aufwendung unverhältnismäßig hoher Mittel erfordert, wenn man den Lauf der Havel vom Beetzsee bis zum Plauer See, der auf über 2 km Länge durch die Ortslage der Stadt Brandenburg führt, für die Abführung der stark vermehrten Hochwassermenge hätte ausbauen wollen. Dabei wären die Hindernisse für die Schiffahrt, die gerade oberhalb des Plauer Sees infolge der auf diesem sich vereinigenden Schiffahrt Hamburg-Berlin und Magdeburg-Berlin sehr lebhaft ist und im Jahre 1912 z. B. etwa 45000 Fahrzeuge mit über 5700000 t Güter befördert hat, unvermindert weiter bestehen geblieben. Von diesen muß neben den obengenannten Erschwernissen auf dem Wege durch die Stadt insbesondere noch die Einmündung der Havel in den Plauer See, das sogenannte Havelgemünde, hervorgehoben werden, das wegen seiner ungünstigen Wetterlage und der Möglichkeit der leichten Versandung alljährlich zu Schiffahrtstörungen und zu vielen Unfällen Veranlassung gab. Es war daher selbstverständlich, daß man sich zu der wirtschaftlicheren Maßnahme entschloß, unmittelbar vom Beetzsee einen neuen Kanal durch die sogenannte Siloniederung in den Quenzsee, eine Ausbuchtung des Plauer Sees, zu führen und diesen auch der Schiffahrt dienstbar zu machen. Da der Querschnitt eines solchen Kanales bedeutend größer werden mußte als eine Erweiterung des Havelbettes, die lediglich der Aufnahme der vermehrten Hochwassermenge anzupassen gewesen wäre, so hatte man Aussicht, zugleich das Gefälle zwischen Plauer See und Beetzsee bei Hochwasser zu vermindern und der Schiffahrt außer der Beseitigung der obengenannten Übelstände noch eine unmittelbare Wegersparnis von 2 km zu verschaffen. Allerdings mußte dadurch die ganze Schiffahrt um Brandenburg herum in den Beetzsee geleitet werden, sodaß die Anlage einer weiteren Schleusungsgelegenheit am Beetzsee erforderlich wurde; denn es stand außer allem Zweifel, daß die vorhandene Vorstadtschleuse allein den gesamten Verkehr, der sich bisher auf sie und die Stadtschleuse verteilt hatte, nicht würde bewältigen können. Da aber auch die Abmessungen an dieser Schleuse, insbesondere Tiefe und Breite der Zufahrten, nicht mehr den Bedürfnissen des regen Schleppverkehrs mit 600 t-Schiffen entsprachen und früher oder später einer Abänderung oder Ergänzung bedurft hätten, so war es um so mehr begründet, die Anlage einer weiteren Schleuse am Beetzsee von vornherein bei der Havelregulierung mit ins Auge zu fassen.

Die Stimmingsarche.

Die alte Stimmungsarche (*J* in Abb. 1 Bl. 26) war eine im Jahre 1782 von Friedrich dem Großen „zur Beschleunigung des Wasserabflusses bei Brandenburg“ angelegte hölzerne Freiarche von den oben genannten Abmessungen, die mit hölzernen Tafelschützen zugesetzt wurden; der Fachbaum lag auf + 1,30 B. P.. Text-Abb. 1 gibt ein Bild des alten Bauwerkes, das nur eine Wassermenge von wenigen Raummetern fassen und für die Wasserabführung natürlich nur eine sehr unbedeutende Rolle spielen konnte. Die Erweiterung wurde in der Weise bewirkt, daß das alte Bauwerk abgebrochen und an seine Stelle eine neue massive Freiarche gesetzt wurde, deren Fachbaum, wie bereits oben ausgeführt, auf + 0,50 B.P., d. h. in die Sohle der Zuflußkanäle abgesenkt und dessen lichte Weite zu 20 m bemessen wurde.

Ursprünglich war beabsichtigt, zur Erzielung eines möglichst ungehinderten Wasserabflusses die errechnete lichte Weite von 20 m in einer Öffnung herzustellen; indes mußte dieser Plan fallen gelassen werden, weil die Bauhöhe der darüber zu spannenden Straßenbrücke zu hoch geworden wäre und infolgedessen Rampen erfordert hätte, die von der Wegepolizeiverwaltung nicht zugelassen wurden. Man einigte sich daher allerseits auf zwei Öffnungen von je 10 m lichter Weite mit einem nur 0,80 m starken Zwischenpfeiler (Abb. 3 bis 7 Bl. 26).

Das neue Bauwerk ist auf Beton zwischen Spundwänden in der Weise gegründet, daß die Widerlager und der Mittelpfeiler, die zugleich Auflager für die Brücke und Anschlag für die Wehrverschlüsse bilden, für sich durch Spundwände eingefaßt sind, zwischen die das Betonsturzbett eingespannt ist (Abb. 6 Bl. 26).

Als Verschlußkörper sind Segmentschützen gewählt worden, deren Anordnung aus Abb. 5 Bl. 26 ersichtlich ist. Über die Entstehung und die Ausbildung dieser Schützen ist näheres aus der Abhandlung S. 420/22 Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrgang 1913 zu ersehen.

Das Sturzbett besteht aus drei Teilen. Erstens aus dem unmittelbar an den Abfallboden sich anschließenden 2 m langen und 0,35 m tiefen Wasserpolster (Abb. 3 Bl. 26), auf das das über die Wehrschwelle herabstürzende Wasser aufprallt. Hieran schließt sich der zwischen den Brückenpfeilern unter der Brücke liegende Teil von rd. 11 m Länge, der in einer Stärke von 0,75 m aus Stampfbeton hergestellt ist; in diesem sind oben große, unregelmäßige, kantige Feldsteine so eingebettet, daß sie etwa 10 cm aus dem Betonkörper herausstehen, um die Strömung zu brechen. Daran reiht sich ein 10 m langer, mit Spundwänden eingefaßter Teil unterhalb des Bauwerkes, der aus einem Sinkstück mit Steinbeschwerung besteht.

Die Zuflußarme der Havel waren natürlich bei einer so starken Vermehrung des Durchflusses — sollten allzugroße Strömungen und insbesondere Wasserabsenkungen für die in der Nähe befindliche Krakauer Mühle vermieden werden — entsprechend zu verbreitern; ebenso der Abflußkanal. Dieser mußte außerdem, da der Grunderwerb zu beiden Seiten nur im beschränkten Maße beschafft werden konnte, eine ziemlich steile Uferbefestigung erhalten, deren Anker aus demselben Grunde nicht über die Grenzen reichen durften. Man entschied sich daher zu dem aus Abb. 11 bis 14 Bl. 26 ersichtlichen Pfahlrost mit Eisenbetonplatten zwischen ⊥-Eisen, die an Ort und Stelle eingestampft wurden. Diese sind, um eine gewisse Beweglichkeit der Wand bei Bodensenkungen zu gewährleisten, mit einem Schuh gelenkartig über den vorderen Holm des Rostes aufgesetzt.

Zur Verhütung von Unterspülungen der Uferbefestigung ist bis 10 m unterhalb des Bauwerkes eine 4,5 m lange, 12 cm starke Spundwand, im übrigen eine 2 m lange, 6 cm starke Stülpwand hinter dem vorderen Holm angeordnet und mit diesem verbunden worden (Abb. 15 u. 16 Bl. 26).

Im verbreiterten untersten Teile des Abflußkanals ist an der einbuchtenden Uferseite die aus Abb. 2 Bl. 26 ersichtliche Befestigung ausgeführt worden.

Die über die Arche führende Straßenbrücke ist als Eisenbetonplattenträger ausgebildet, der an sich nichts Besonderes bietet. Die Fahrbahnabdeckung besteht aus Kleinpflaster von schlesischem Granit mit 10 cm Würfelseite auf Betonunterlage. Die Herstellung des Pflasters war dieselbe wie die weiter unten geschilderte bei der Brücke über die Schleusenanlage, nur wurde hier über der zur Abgleichung auf der Brückentafel aufgebrachten Betonschicht erst eine Isolierschicht (Pachytekt) aufgebracht und darauf dann das Pflaster verlegt. Text-Abb. 2 stellt das fertige Bauwerk mit der Ufereinfassung des Abflußkanales dar.

Um der Stadtgemeinde Brandenburg später den Anschluß der Krakauer Vorstadt an das städtische Kanalnetz zu erleichtern, ist zugleich bei Ausführung der Gründung ein eisernes Druckrohr von 0,3 m Weite mit eingebaut worden. Die vorhandenen Wasser- und Gasleitungen sind unter den Fußwegen an der Brücke angehängt worden.



Abb. 1. Stimmingsarche in Brandenburg vor dem Umbau. Dezember 1905.

Das Bauwerk wurde unter Anwendung von Grundwassersenkung hergestellt, und zwar wurde die 32 · 28 m große Baugrube durch eine Ringleitung mit 13 Brunnen eingefaßt, und deren Wasser durch eine Lokomobile von 30 PS in das Unterwasser befördert. Obwohl der Baugrund bis in 17 m Tiefe unter Gelände durchweg aus ganz feinem Sande mit tonigen Beimengungen bestand, die eine Verschlammung der Filter befürchten ließen, gelang sie, sogar mit der großen Brunnenentfernung von 10 m, ganz vorzüglich. Die Anlage hat während der ganzen Bauausführung des eigentlichen Bauwerkes vom 26. Juli bis 8. November 1909 ohne die geringste Störung gleichmäßig gearbeitet. Die Herstellung der Uferbefestigungen im Untergraben dagegen geschah unter Oberflächenabsenkung. Die Bauausführung der gesamten Anlagen bot an sich keinerlei Schwierigkeiten und ging ohne Störungen und Hindernisse vor sich. Der Straßenverkehr wurde während der Bauarbeiten über den im Oberwasser geschütteten Fangedamm geleitet, der zu dem Zwecke eine Breite von 7 m erhalten hatte und zu beiden Seiten durch Spundwände, die gegeneinander verankert waren, eingefaßt war. Das Bauwerk einschließlich der Brücke und der westlichen Uferbefestigung wurde im Jahre 1909, das Sturzbett und die östliche Uferbefestigung im Jahre 1910 ausgeführt.

Die Kosten betrugen für das Bauwerk einschließlich der Brücke und des Sturzbettes 83000 Mark, für die eisernen Segmentschützen 8000 Mark und für die Eisenbetonuferbefestigung auf 2 · 130 m = 260 m Länge = 23000 Mark; 1 m Länge der letzteren hat daher im Mittel 88,50 Mark gekostet. Die Baggerungen für Erweiterung der Zu- und Abflußkanäle haben 21000 Mark Aufwendungen verursacht.

Die Herstellung des eigentlichen Bauwerkes ist in den Erd-, Ramm-, Beton- und Maurerarbeiten durch die Firma Liebold u. Ko., Holzminden, Zweigniederlassung Berlin, erfolgt; die Lieferung und den Einbau der eisernen Schützen hat die Firma Noell u. Ko., Würzburg, bewirkt. Alle übrigen Arbeiten sind im Eigenbetriebe ausgeführt worden.

Der Silokanal.

Der neue Umflutkanal, nach der von ihm durchschnittenen Siloniederung der Silokanal genannt, zweigt gegenüber der neuen Stimmingsarche aus dem südlichen Teile des Beetzsees ab und zieht sich in sehr gestrecktem Lauf nördlich und westlich um Brandenburg nach der nördlichsten Bucht des Plauer Sees, dem Quenzsee, hin. Somit wird die Strecke von km 104,0 bis km 113,5 der unteren Havelwasserstraße durch eine neue Wasserstraße von nur 7,5 km Länge ersetzt, die außer den vielen sonstigen Annehmlichkeiten und Bequemlichkeiten für die Schiffahrt mithin noch eine unmittelbare Wegersparnis von 2 km bietet (vgl. Abb. 1 Bl. 26). Der ganze 5,2 km lange Kanal besitzt nur zwei Krümmungen, eine mit 3000 m Halbmesser von 1,2 km Länge an seiner Abzweigung aus dem Beetzsee und eine nur wenige hundert Meter lange von 1000 m Halbmesser an seinem westlichen Ende.

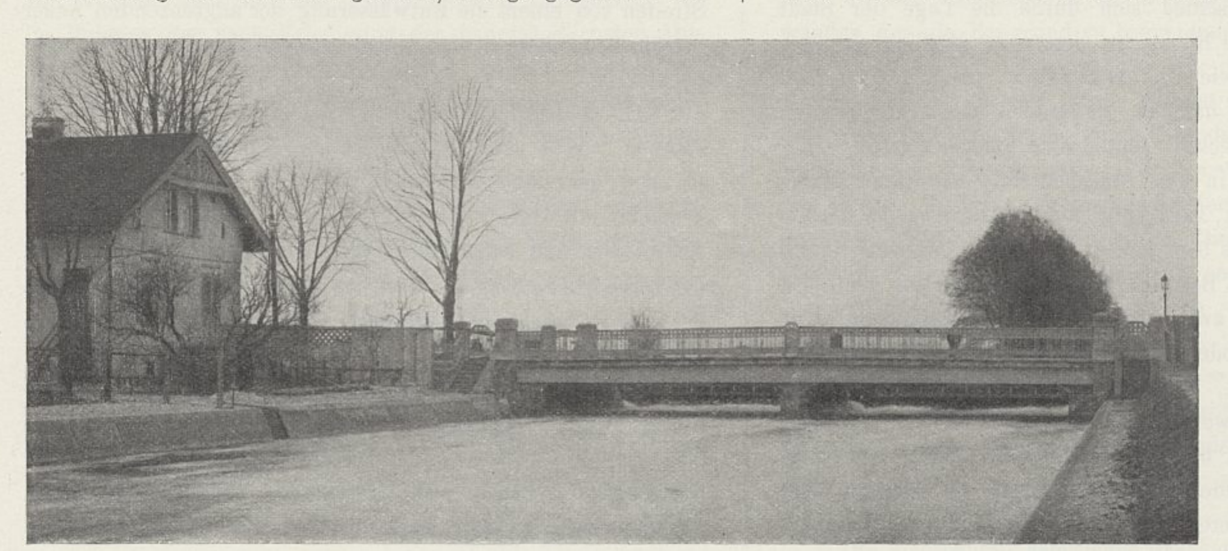


Abb. 2. Stimmingsarche in Brandenburg nach dem Umbau.

Da der Kanal in Zukunft einen Teil des Havelwassers abführen muß, hat die Sohle ein Gefälle gleich dem Spiegelgefälle des errechneten künftigen Hochwassers zwischen Plauer See und Beetzsee, nämlich 6 cm/km = rd. 1 : 17000 erhalten; inzwischen hat bereits die außerordentliche Hochwasserwelle vom März 1911 gezeigt, daß diese Berechnung noch etwas zu ungünstig ist, denn damals sind nur 18 bis 20 cm Gefälle zwischen Beetzsee und Plauer See, d. s. nur 3,5 cm/km oder 1 : 28600, beobachtet worden.

Für den Querschnitt des Kanals wurde mit Rücksicht darauf, daß er auch der Schiffahrt dienen und diese überhaupt aus der Stadt Brandenburg ablenken und somit den ganzen gewaltigen Durchgangsverkehr von über 45000 Fahrzeugen im Jahre bewältigen soll, folgende zwei Grundbedingungen festgelegt:

Die Wasserstraße muß jederzeit, also auch beim niedrigsten Wasserstande unterhalb Brandenburgs, der durch die etwa in der Mitte zwischen Brandenburg und Rathenow angeordnete neue Stauanlage in Bahnitz auf + 0,40 B.P. = 27,527 m N. N. gewährleistet wird, mit einem Tiefgang von 2 m befahrbar sein, sowie stets und überall ein Ausweichen zweier sich begegnenden Havelschleppzüge, bestehend aus einem Dampfer und sechs Anhängen von im ganzen etwa 450 bis 500 m Länge, zulassen. Demzufolge ist eine Sohlenbreite von 20 m hergestellt mit einer Tiefe bei Niedrigwasser von 2,5 m in der Mitte und 2,3 m an der Seite; und zwar sind diese Tiefen am oberen Kanalende ausgeführt (Abb. 18 Bl. 26). Da bei Niedrigwasser zwischen Beetzsee und Plauer See nur wenige Zentimeter Gefälle vorhanden sind, so sind diese Maße an der unteren Mündung um beinahe den ganzen Wert des Sohlengefälles von 0,3 m größer. Die sich an die Sohle anschließende Böschung ist entsprechend der natürlichen Böschung, die der Sandboden des vom Kanal durchschnittenen Geländes unter Wasser aufweist, fünffach bis 30 cm unter dem auf + 0,40 B. P. liegenden N.W., also auf + 0,10 B. P. angesetzt; von da ab haben sie $2^1/_2$ fache Anlage mit der weiter unten erläuterten Befestigung erhalten. Eine Verbreiterung des Querschnittes in den Krümmungen ist bei den reichlichen Halbmessern nirgends erfolgt; eine Notwendigkeit hierzu hat sich trotz des regen Betriebes bisher auch nicht herausgestellt.

Die Querschnittsgröße beträgt bei N.W. am Beetzsee 74,6 qm und vergrößert sich nach dem unteren Ende infolge des Sohlengefälles auf 84,7 qm; sie hat also einen mittleren Wert von $\frac{74,6 + 84,7}{2} = 79,65$ qm; der Querschnitt des eingetauchten 8 m breiten Schiffes beträgt bei 2 m Tiefgang ungünstigsten Falles $2 \cdot 8 = 16$ qm. Mithin ergibt sich für den vorliegenden Fall die günstige Verhältniszahl $n = \frac{\text{Wasserquerschnitt}}{\text{eingetauchten Schiffsquerschnitt}} = \text{i. M.}\ \frac{79,65}{16} = \text{rd. } 5$, sie ist also im Verhältnis zu anderen Kanälen reichlich bemessen.

Die Wasserspiegelbreite beträgt bei N.W. am oberen Ende 41,5 m, am unteren 44,2 m, im Mittel 42,85 m.

Der Wasserspiegelquerschnitt vergrößert sich bei steigendem Wasserstande ganz beträchtlich und erreicht bei der für das höchste künftige Hochwasser angenommenen Pegelhöhe von + 2,30 m B. P. eine Größe von 163 qm, wobei eine Spiegelbreite von 51,65 m vorhanden ist. In wie hohem Grade dieser reichliche Querschnitt auch zur Abführung des Hochwassers und zur Entlastung der Havel befähigt ist, möge die Tatsache lehren, daß bei den Wassermengenmessungen im März 1911 bei einem Pegelstande von 1,91 m B. P. von der gesamten in Brandenburg abgeflossenen Wassermenge

von 153 cbm der Silokanal allein 70 cbm, also 46 vH. abgeführt hat.

Mit Rücksicht auf möglichste Kostenersparnis und eine bequeme technische Ausführung wurde der Boden mit Ausnahme in den beiden Mündungsstrecken, d. h. also auf eine 4,3 km lange Strecke mit Trockenbaggerung gewonnen und in einem Seitendamm niedergelegt. Das beim Baggerbetrieb befolgte Verfahren ist auf S. 671 Jahrg. 1912 d. Zeitschr. ausführlich geschildert und wirtschaftlich begründet worden. Die Frage, auf welchem der beiden Ufer der Seitendamm anzuordnen sei, entschied sich durch die Lage der Stadt Brandenburg und die Rücksicht, dieser die Möglichkeit eines Hafenanschlusses sowie die Ansiedlung von Industrie und gewerblichen Anlagen nicht zu unterbinden oder zu erschweren, von selbst für das rechte, stadtabseits gelegene Ufer. Zur besseren Einpassung in das Landschaftsbild hat dieser Damm einen unregelmäßigen, kanalseitig nur 2 bis 2,5 m, an der abgelegenen Seite 8 bis 9 m hohen Querschnitt (Abb. 18 Bl. 26) erhalten, der an den Böschungen begrünt und auf der Oberfläche mit jungen, zwei- bis fünfjährigen Bäumchen, und zwar je nach der Bodenbeschaffenheit mit Kiefern, Akazien, Birken, Fichten usf., sowie mit Strauch- und Buschwerk aller Art angeschont worden ist. Es steht somit zu erwarten, daß er der Schiffahrt bei den häufigen und oft starken Nordwest- und Nordwinden, besonders den am rechten Ufer stromab fahrenden leeren Schleppzügen bald einen wirksamen Windschutz gewähren wird.

Zwischen Kanal und Seitendamm mußte zur Ermöglichung des Baggerbetriebes ein 8 m breiter Streifen freigehalten werden. Dieser Streifen in Verbindung mit den flachen fünffüßigen Böschungen der Kanalufer und der geringen kanalseitigen Höhe des Dammes wird bei künftigen Bedürfnissen eine bequeme, ausgiebige und billige Möglichkeit für eine Verbreiterung bieten; in absehbarer Zeit wird für eine solche Maßnahme nach menschlicher Vorsicht allerdings keine Veranlassung vorliegen.

Die Befestigung der Kanalufer ist von 30 cm unter N. W. bis 1,1 m darüber (von + 0,10 bis + 1,50 B. P.), also in der $2^1/_2$fachen Böschung auf 3,5 m Breite auf einfachste Weise mit einer 0,5 m starken Steinpackung aus feineren unteren und gröberen oberen Lagen bewirkt. Für die untere Lage ist je nach der Bodenbeschaffenheit feiner Kies, grober Elbkies, Ziegelschotter oder Steinschrott benutzt, für die oberen sind Schüttsteine aller Größen von Faustgröße bis 30 kg Schwere verwendet worden, und zwar vornehmlich Meißener Granit und Plötzkyer Kohlensandstein. Eine besondere Sicherung des Fußes der Steinschüttung durch Pflasterpfähle u. dgl. wurde mit Rücksicht auf die unmittelbar davorliegende flache Böschung nicht für erforderlich gehalten. Oberhalb der Schüttung wurden zunächst drei Platten Kopfrasen angesetzt, um das Unterspülen der folgenden Rasenschichten zu verhindern; darüber folgte etwa 1 m breit Flachrasen, und darüber wurde dann bis zur Uferkante Rasen durch Ansäen auf einer 15 cm starken Schicht guten Mutterbodens erzeugt (Abb. 17 Bl. 26). Die bisherigen Erfahrungen haben indes bereits gezeigt, daß besonders die Uferteile, die bei West- und Südwestwind dem Wellenangriff stark ausgesetzt sind, noch höher hinauf mit Steinschüttungen befestigt werden müssen, desgleichen die Ufer der zuletzt hergestellten Kanalhaltungen, an denen der Rasen noch nicht so fest hatte verwuchern können, daß er den durch Wind und Dampfer erzeugten Wellen genügend Festigkeit bot.

An den Kanalufern entlang führen jederseits 2,5 m breite Leinfade, die mit einer Mischung von Kies, Lehm und Kesselschlacke 1 : 1 : 2 beschickt und unter Anfeuchtung gut festgewalzt sind; am südlichen Ufer ist außerhalb des Leinpfades noch ein 2,5 m breiter Schutzstreifen vorbehalten, desgleichen ein solcher von 5 m Breite nördlich hinter dem Seitendamm; in der Haltung Brielower Straße — Fohrder Straße wird dieser Streifen von einem die Entwässerung der angrenzenden Äcker gewährleistenden, in den Kanal eingeführten Randgraben eingenommen.

An beiden Ufern sind 3 m vom Uferrande ab in Abständen von 8 m junge Alleebäume angepflanzt, und zwar je nach der Lage zur Stadt und der Bodenbeschaffenheit: Platanen, Rüstern, Eschen, Linden, Eichen, Spitzahorn, Ebereschen und kanadische Pappeln. Es ist somit zu hoffen, daß diese Alleen bei guter Fortentwicklung auch bald zur Zierde des Landschaftsbildes beitragen, zudem die Leinpfade angenehm beschatten werden.

Über den Kanal waren sechs Verkehrswege zu überführen. Zwei eingleisige vollspurige Eisenbahnen: die als Nebenbahn ausgebaute Brandenburgische Städtebahn mit ihrer Teilstrecke Brandenburg — Rathenow und die Kleinbahn Brandenburg — Altstadt Roskow, die dem Kreis Westhavelland gehört; ferner drei Landstraßen: die dem Provinzialverband von Brandenburg gehörende Landstraße Brandenburg — Plaue (Berlin — Magdeburg) sowie die im Eigentum der Stadt Brandenburg stehenden Landstraßen Brandenburg — Fohrde und Brandenburg — Brielow, sowie der Landweg Brandenburg — Görden. Leider gelang es der Wasserbauverwaltung trotz der erdenklichsten Bemühungen weder im Wege der Vereinbarung mit den Beteiligten noch im Wege der landespolizeilichen Anordnung die Vereinigung wenigstens zweier Verkehrswege und ihre Überführung mittels eines gemeinsamen Brückenbauwerkes zu erreichen. Es blieb somit weiter nichts übrig, als jeden Verkehrsweg durch ein besonderes Bauwerk zu überführen und sich mit den geringen Zugeständnissen zu begnügen, die Straßen mit Ausnahme der Landstraße Brandenburg — Plaue, für die ein Kreuzungswinkel von 60° mit der Kanalachse vereinbart wurde, senkrecht überführen und die Brücke im Zuge des untergeordneten Landweges Brandenburg — Görden in etwas geringeren Breitenabmessungen als die übrigen und mit nur einem Fußweg ausführen zu dürfen. Von den Eisenbahnen wurde jede Veränderung der Linienführung rundweg abgelehnt. So sehen wir denn die nur 5,2 km lange Kanalstrecke von sechs Brücken überspannt; auf je 0,87 km Kanallänge entfällt somit eine Brücke.

Die Durchfahrt unter den Brücken ist so bemessen, daß überall bei dem höchsten angenommenen Wasserstande von + 2,30 B. P. unter Berücksichtigung des Spiegelgefälles von 6 cm/km eine lichte Höhe von mindestens 4 m über der ganzen Wasserbreite vorhanden ist (Abb. 1 u. 11 Bl. 27). Die lichte Weite der Brücken unterhalb der Leinpfade war im Vorentwurf vom Jahre 1899 mit 28 m angesetzt. Seitens des Herrn Ministers wurde für die Ausführung gefordert, daß der Kanalquerschnitt einschließlich der Leinpfade in voller

Breite durchgeführt und die Brückenweite dementsprechend bemessen werden sollte, damit einmal die Übersichtlichkeit der Strecke nicht leide, andernteils der Hochwasserabfluß an den Brücken keine Stauung erfahre. Infolge des äußerst reichlich bemessenen Querschnittes hätten Brücken von einer Weite, die den ganzen Querschnitt nebst Leinpfaden unbeschränkt durchzuführen erlaubt hätte, eine Stützweite von 60 bis 65 m senkrecht zur Kanalachse erfordert und die Baumittel über Gebühr in Anspruch genommen. Man begnügte sich daher höheren Ortes schließlich mit einer Brückenweite von 47,3 m zwischen den vorspringenden Leinpfaden, die im Rahmen der nach Erledigung der hauptsächlichsten Ausschreibungen noch verfügbaren Mittel möglich war. Unter Anordnung 1,85 m breiter Treidelsteige erforderte diese Lichtweite eine lichte obere Weite von 51 m und eine Stützweite von 52,2 m senkrecht zur Kanalachse (Abb. 18 Bl. 26 u. Abb. 12 Bl. 27). Die schiefen Brücken wurden selbstverständlich in jedem Falle entsprechend dem Sinus des Kreuzungswinkels länger, so daß die Stützweite

der Brücke im Zuge der Landstraße Brandenburg — Plaue auf . . $\frac{52,20}{\sin 60^0} \geqq$ rd. 60,28,

der Brücke im Zuge der Brandenburgischen Städtebahn auf . . $\frac{52,20}{\sin 52^0 58'} \geqq$ 65,39,

und der Brücke im Zuge der Kleinbahn Brandenburg — Roskow auf $\frac{52,20}{\sin 48^0 45'} \geqq$ 69,43

zu bemessen war; die letzteren beiden sind aus Gründen der Auflagerung mit 66,02 und 70,16 m Stützweite ausgeführt worden. Diese beträchtlichen Brückenweiten gewährleisten natürlich in Verbindung mit dem reichlichen Querschnitt und der gestreckten Kanallinie eine überaus gute, aber für den starken und lebhaften Verkehr bei Brandenburg auch unter allen Umständen erforderliche Übersichtlichkeit.

Die Breite der Brücken bestimmte sich für die Eisenbahnbrücken durch den freien Querschnitt. Mit Rücksicht darauf, daß jederseits eines über die Brücke fahrenden Eisenbahnzuges ein Streckenwärter noch Platz zum Beiseitetreten finden muß, wurde die Entfernung der Hauptträgerachsen zu 5 m bemessen (Abb. 6 Bl. 27). Die Straßenbrücken im Zuge der drei Landstraßen nach Plaue, Fohrde und Brielow haben 5,6 m Fahrbahnbreite, je 60 cm breite Kutschersteige und 1,65 m breite Gehwege erhalten; die Hauptträger liegen in einer Entfernung von 6,8 m von einander. Bei der Landwegbrücke im Zuge des Weges nach Görden konnten die Breitenabmessungen sämtlich etwas verringert und ein Fußweg gespart werden (vgl. Abb. 9 Bl. 27).

Mit Rücksicht auf die oben erläuterte ausgiebige Verbreiterungsmöglichkeit des Kanals sind die Widerlager der Brückenbauwerke nicht gleichmäßig zur Kanalmitte gestellt; vielmehr ist das linke Widerlager mit seiner Vorderkante nur 19,75 m von der Kanalachse entfernt, während für das rechte dieses Maß 47,3 — 19,75 = 27,55 m beträgt. Bei einer am rechten Ufer vorzunehmenden Verbreiterung um 7,8 m werden daher erst beide Pfeiler gleichmäßig zur Mitte liegen.

Die Widerlager sind aus Stampfbeton mit Klinkerverkleidung über Niedrigwasser zwischen Spundwänden hochgeführt. Die Unterkante der Spundwände wurde mit Ausnahme der um 1,5 m flacher stehenden Rückwand rd. 2,5 m unter den tiefsten Punkt der Kanalsohle, die Betonunterkante rd. 0,5 m über Kanalsohle angeordnet. Der Bodenaushub in den Spundwandkästen und das Einbringen des Betons geschah im Trocknen, indem das durch die Wasserhaltungsanlage des Baggerbetriebes noch nicht entfernte Wasser mittels besonderer Wasserhaltungsanlagen, entweder Oberflächen- oder einfache Grundwasserabsenkung, abgesogen wurde. Größere Schwierigkeiten waren nur bei der Gründung der Widerlager für die Gördenwegbrücke zu überwinden, wo sich nach Aushub des Bodens zwischen den Spundwänden der als Baugrund zu benutzende Ton als sehr weich erwies, so daß er um so weniger für die Gründung benutzt werden durfte, als mit dieser Brücke das Versorgungsrohr der Wasserleitung für die Stadt Brandenburg zu überführen war, das vor Brüchen unter allen Umständen gesichert werden mußte. In beiden Spundwandkästen wurden daher durch den Ton Pfähle von 30 bis 40 cm Durchmesser bis in den darunter liegenden tragfähigen Sand gerammt, der am nördlichen Widerlager in der Tiefe von + 16,5 m N. N. und am südlichen in der Tiefe von + 21,0 m N. N. anstand (vgl. Abb. 11 Bl. 27). Die Pfahlköpfe wurden dann mit einer vielfachen Verschnürung aus hochkantig stehenden Flacheisen 40 · 6 mm untereinander verbunden und in den Stampfbeton eingebettet. Die Einzelheiten sind aus den Abb. 9 bis 12 Bl. 27 zu ersehen.

Die Überbauten sämtlicher Brücken bestehen aus Eisen. Für die Eisenbahnbrücken ist die aus Abb. 1 Bl. 27 ersichtliche Trägergattung mit Doppelschrägen angewendet worden, während für die Straßenbrücken Halbparabelträger nach Abb. 11 Bl. 27 ausgeführt sind. Als Belastungsannahmen sind für die Eisenbahnbrücken die für die preußischen Staatsbahnen erlassenen Vorschriften vom 1. Mai 1903, für die Straßenbrücken eine Dampfwalze von 20 t Dienstgewicht und nebenbezeichneten Radständen (Text-Abb. 3), im übrigen Menschengedränge von 400 kg auf das Geviertmeter zugrunde gelegt worden.

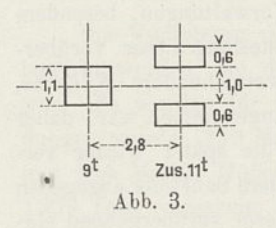


Abb. 3.

Die Fahrbahn besteht bei den Eisenbahnbrücken aus Querschwellen auf Längsträgern zweiter Ordnung. Außerdem tragen die Brücken einen Holzbelag aus eichenen Bohlen und Führungsbalken; Einzelheiten lassen die Abb. 1 bis 8 Bl. 27 erkennen.

Die Fahrbahnen der Straßenbrücken haben eine Fahrbahndecke aus Belageisen mit Betonfüllung, auf der Kleinpflaster in Zementmörtel verlegt ist (Abb. 9 Bl. 27). Der auf den Belageisen N.P. 9 aufgebrachte Füllbeton setzt sich aus einem Teil Zement, $^1/_2$ Teil Traß und 3 Teilen Sand zusammen. Auf diese Schicht ist das 10 cm hohe, aus Striegauer Granit bestehende Kleinpflaster nach der bei der Schleusenbrücke weiter unten beschriebenen Verlegungsart versetzt, und zwar bei der Brücke im Zuge der Plauer Landstraße und des Gördenweges unmittelbar auf den Füllbeton, bei den beiden übrigen im Zuge der Landstraßen nach Fohrde und Brielow unter Einschaltung einer Isolierschicht über dem Füllbeton, die nach den inzwischen an der Schleppzugschleuse gemachten Erfahrungen trotz des Traßzusatzes für erforderlich gehalten wurde. Die Fußwege wurden an der zuerst ausgeführten

Brücke im Zuge der Plauer Landstraße mit fertig gekauften, 8 cm starken Eisenbetonplatten gedeckt. Da diese jedoch sehr teuer waren und obendrein an einzelnen Anschlußstellen an den die Fahrbahn durchdringenden Stäben nicht genau paßten und infolgedessen großer Nacharbeit bedurften, wurde die Fußwegabdeckung bei den übrigen Brücken auf Schalung in Zementbeton mit Eiseneinlage gestampft, und zwar wurde der tragfähige Teil der Platten 6 cm stark bemessen und aus einer Mischung von 1 Teil Zement, $^1/_2$ Teil Traß und 8 Teilen Sand hergestellt, während die für die Abnutzung zugegebene 3 cm starke Deckschicht aus 1 Teil Zement, $^1/_2$ Teil Traß und 3 Teilen Sand in unmittelbarer Verbindung mit der Unterlage gestampft wurde (Abb. 9 Bl. 27).

Die zu den Brücken führenden Rampenanlagen haben bei der Brandenburgischen Städtebahn eine Neigung von 1 : 250, bei der Kleinbahn Brandenburg — Roskow eine solche von 1 : 200 und 1 : 150, bei den Landstraßen 1 : 50, beim Gördenwege 1 : 40 und bei untergeordneten Wirtschaftswegen 1 : 25 erhalten. Die Ausbildung der Querschnitte wurde ebenso wie die der entsprechenden alten Bauteile bewirkt mit Ausnahme chaussierter Strecken, für die zur besseren und billigeren Unterhaltung gepflasterte Rampen angelegt wurden.

Zur Aufrechterhaltung des Verkehrs während der Bauarbeiten mußten an allen Brückenbaustellen Notwege eingerichtet werden, die an sich nichts Besonderes in ihrer Anlage und Bauart boten, die aber in ihrer Herstellung, Unterhaltung und Bewachung ansehnliche Mittel erforderten, viel bedeutendere jedenfalls, als man bei der Veranschlagung vorgesehen hatte. Denn die beteiligten Verwaltungen, besonders auch die Polizei, hatten bei der Herstellung dieser vorübergehenden Anlagen viel größere und weitgehendere Wünsche, als seitens der Wasserbauverwaltung angenommen war; daher waren viele Baustoffe zu beschaffen, die später wieder verhältnismäßig billig veräußert oder an andere Baufonds abgegeben werden mußten. Die Unterhaltung dieser vorübergehend eingerichteten Anlagen war ferner natürlich sehr kostspielig, zumal sie häufig mit Gleisen und sonstigen Betriebseinrichtungen gekreuzt wurden und in der Nähe der Baugruben entlang führten, wo wiederum ausgedehnte besondere Schutzmaßregeln vorzusehen waren; und schließlich erhöhte sich durch unvorhergesehene Ereignisse und Zwischenfälle die Dauer einzelner dieser vorübergehenden Anlagen nicht unbedeutend.

Besonders sorgsam mußte die Verlegung des 400 mm weiten Versorgungsrohres der städtischen Wasserleitung der Stadt Brandenburg, das, vom Wasserwerk in der Altstädtischen Forst kommend, die Kanalstrecke im Körper des Gördenweges kreuzte, behandelt werden, damit eine Unterbrechung in der Wasserversorgung der Stadt verhindert wurde. Es wurde seitens der Stadtverwaltung für selbstverständlich gehalten, daß der neu einzuschaltende Rohrstrang im Zuge des neuen Gördenweges mit der Brücke über den Kanal geführt und nicht unterdückert wurde. Diese erforderliche neue Leitung wurde nach Fertigstellung der Brückenanlage für sich verlegt, und zwar unter Verwendung von Gußrohren im gewachsenen Boden und von schmiedeeisernen Rohren mit Hochdruckmuffen nach dem Patent der Aktiengesellschaft Ferrum in Zawodzie bei Kattowitz für diejenigen Teile, die nicht ganz in den gewachsenen Boden zu liegen kamen. Die neue Leitung von im ganzen 390 m Länge wurde nach ihrem Zusammenbau für sich auf 20 Atmosphären Druck geprüft und nach vorheriger Einrichtung besonderer Wasserhaltungen für die Anschlußstellen an einem Sonntag, wo ein geringer Wasserverbrauch angenommen werden konnte, an die vorhandene Druckrohrleitung angeschlossen. Auf diese Weise hat die ganze Unterbrechung der Leitung kaum zwölf Stunden in Anspruch genommen.

So zahlreich und mannigfach die Vorteile waren, die der neue Silokanal außer für die Schiffahrt und die Vorflut auch für die Stadt Brandenburg im Gefolge hatte, die erst durch ihn in die Lage versetzt wurde, ihren Straßenverkehr regeln und eine elektrische Straßenbahn anlegen zu können, so war doch die Befürchtung nicht von der Hand zu weisen, daß mit der Ausschaltung der Stadt vom Hauptdurchgangsverkehr der örtliche Schiffs- und Umschlagverkehr von den bisher benutzten öffentlichen und privaten Lösch- und Ladeplätzen in der Stadt sich nach anderen Stellen hin, ja unter Umständen von der Stadt ganz und gar wegziehen könnte. Um einem derartigen, für die Stadt ungemein einschneidendem Nachteile vorzubeugen, entschloß sich die Stadtverwaltung, zugleich mit der Herstellung des Silokanales einen Hafen anzulegen, dessen wasserbauliche Anlagen bereits mit der Eröffnung des Silokanals dem Verkehr übergeben werden konnten. Dieser Hafen besteht in einer 16 m, also zwei Schiffbreiten tiefen Ausbuchtung von 450 m Länge, die am linken Kanalufer zwischen km 1,1 und 1,6 in der Haltung von der Brielower bis zur Fohrder Straße liegt. Das Becken ist somit imstande, 14 Fahrzeuge von 65 m Länge und 8 m Breite oder 40 Finowkähne zugleich aufzunehmen, ohne daß der Verkehr in der Schiffahrtstraße gestört wird. Die Sohle des Hafenbeckens liegt im ganzen Umfange gleichtief mit dem mittleren Teil des benachbarten Kanalquerschnittes.

Die Ufermauer (Abb. 8 bis 10 Bl. 26) wird in ihrem Gerippe aus kräftig verankerten Eisenbetonpfählen von $0{,}4 \times 0{,}4$ m Querschnitt, die im Abstande von 2,5 m von einander stehen, gebildet. Diese wurden an Ort und Stelle in Schalung gestampft, nach ein bis zwei Tagen bereits ausgeschalt und nach vier Wochen eingerammt. Hinter diesen führt unter Niedrigwasser eine hölzerne Spundwand entlang, auf die sich über N. W. eine mit der Holzwand verankerte, in die Eisenbetonpfähle einbindende 16 cm starke Eisenbetonwand setzt. Das Ganze ist oben durch einen kräftigen Eisenbetonholm mit eisernen Eckverkleidungen abgeschlossen. Die Ufermauer ist mit Reibepfählen und -hölzern, sowie mit Treppen und Halteringen reichlich versehen; um nachteilige und unschön aussehende Risse zu verhüten, sind etwa alle 30 m Wärmefugen angeordnet. Alles übrige erläutern die Abb. 8 bis 10 Bl. 26.

Der Hafen hat inzwischen noch die erforderlichen Gleisanlagen mit einem Anschlusse an den Bahnhof der Brandenburgischen Städtebahn Brandenburg-Altstadt erhalten und ist den Anforderungen der Gegenwart entsprechend zunächst nur mit einem Schuppen und einigen Portalkranen ausgestattet. Infolge der dadurch geschaffenen bequemen Umschlagmöglichkeit zwischen Bahn und Wasser wird voraus-

sichtlich auch das an den in Brandenburg einmündenden Bahnen liegende Hinterland für den Wasserverkehr aufgeschlossen werden. Die Erweiterung des Hafenbeckens selbst wie auch der Gleis- und Schuppenanlagen, Lagerplätze usw. ist durch rechtzeitig in ausgedehntem Maße bewirkten Grunderwerb seitens der Stadt Brandenburg sichergestellt.

Die Bauausführung des Silokanals begann im August 1907, der Durchstich erfolgte am 30. September 1910, die Betriebsübergabe fand am 19. November 1910 statt.

Für den Bauvorgang war durch die zahlreichen Brückenbauwerke die Einteilung in bestimmte Abschnitte von vornherein gegeben. Die Trockenbaggerarbeiten begannen mit Rücksicht auf die Wasserhaltung mit dem untersten Teile, der Haltung Städtebahn — Plauer Straße; währenddessen wurden die Widerlager der beiden angrenzenden Brücken gebaut und die zugehörigen Rampen geschüttet. Vor Beginn der Eisenarbeiten an der Städtebahnbrücke fuhr der Bagger in die nächste Haltung Gördenweg — Städtebahn, neben deren Ausbaggerung gleichzeitig der Aufbau der Widerlager der Gördenwegbrücke und die Vollendung der beiden untersten Brückenanlagen erfolgte. Hierauf wurde aus bautechnischen und wirtschaftlichen Gründen die Haltung Fohrder Straße — Gördenweg zunächst nur in einem Anschnitt angegriffen und dann sofort die Baggerarbeiten der Haltung Brielower Straße — Fohrder Straße und gleichzeitig die Brücke im Zuge der ersteren fertiggestellt, worauf die Haltung Fohrder Straße — Gördenweg vollendet, und die Brücken im Zuge der Fohrder Straße und Roskower Bahn ausgeführt wurden. Nebenbei wurden mittels Naßbaggerbetriebes, verbunden mit Klapp- oder Spülverfahren, die Mündungsstrecken am Beetzsee und Quenzsee hergestellt, so daß schließlich nach Vollendung der letzten Trockenbaggerarbeiten Anfang Juli 1910 die Erdkerne an den Brücken im Zuge der Fohrder Straße, der Roskower Bahn und des Gördenweges beseitigt werden konnten. Gleichzeitig mit den Baggerarbeiten der angrenzenden Strecke erfolgte der Bodenaushub im städtischen Hafen und im Frühjahr 1910 die Herstellung der Hafenmauer.

Die Baukosten für den Silokanal haben im ganzen 2120000 Mark betragen, mithin für 1 km Kanallänge $\frac{2120000}{5,2}$ = rd. 408000 Mark. Dieser Wert erscheint als Einheitssatz für einen Kanal ohne Schleusen zwar hoch, wird aber im vorliegenden Falle mit Rücksicht auf den reichlichen Querschnitt, die weitgespannten Brücken und vor allem in Anbetracht der großen Zahl dieser Bauwerke erklärlich. Von diesen Kosten entfallen auf den mit rd. 80 ha bewirkten Grunderwerb einschließlich Abfindungen, Pächte, Umbau von Scheunen u. dgl. 270000 Mark. 1 ha Grund und Boden hat durchschnittlich in der Nähe der Stadt am Beetzsee 5000 Mark gekostet; weiter nach dem Quenzsee zu verminderten sich die Preise zum Teil wesentlich, je nach Lage, Beschaffenheit und Benutzungsart der Grundstücke. Als mittlerer Wert kann etwa der Preis von 2800 Mark/ha gelten; der niedrigste Preis betrug 1600 Mark/ha.

Die Kosten für Erdarbeiten haben im ganzen rd. 570000 Mark betragen; bei rd. 1100000 cbm Bodenförderung stellen sich die Kosten für 1 cbm im Mittel auf 0,52 Mark. In der Masse von 1,1 Mill. cbm sind 700000 cbm mit dem Trockenbagger und Seitenförderer gehoben, 220000 cbm mit Naßbaggern in den Mündungsstrecken und den Erdkernen der Brückenbaustellen gefördert und im Klapp- oder Spülverfahren verbaut und 180000 cbm mit Lokomotiv- und Pferdebetrieb nach vorheriger Förderung von Hand in Rampen und Molen verfahren worden.

Die Brückenbauwerke und sonstigen Kunstbauten haben im ganzen einen Aufwand von 650000 Mark erfordert. Davon entfallen 23000 Mark auf die Herstellung von 390 m neuer Leitung für das 400 mm weite Druckrohr der städtischen Wasserleitung; mithin hat 1 m Länge einschließlich sämtlicher Arbeiten und Lieferung aller Rohre, Form- und Paßstücke, Schieber, Schutzvorrichtungen gegen Wärmeeinflüsse usw. rd. 59 Mark gekostet.

Für die zwölf Brückenwiderlager sind einschließlich aller Arbeiten und Lieferungen Aufwendungen von zusammen 183000 Mark erforderlich gewesen, so daß sich die Kosten für ein Widerlager im Durchschnitt auf rd. 15300 Mark belaufen.

An Flußeisen, Flußstahl und Gußeisen sind 1355,6 t gebraucht worden, die sich auf die einzelnen Brücken wie folgt verteilen:

Lage	Art	Stützweite	Breite	Hauptträgerabstand	Gewicht
		m	m	m	t
PlauerStraße	Straßenbrücke	60,28	10,1	6,8	272,8
Städtebahn	Eisenbahnbr.	66,02	5,0	5,0	231,7
Gördenweg	Straßenbrücke	52,20	8,10	6,4	191,9
Roskower Bahn	Eisenbahnbr.	70,16	5,0	5,0	260,0
Fohrder Str.	Straßenbrücke	52,20	10,1	6,8	200,0
BrielowerStr.	,,	52,20	10,1	6,8	199,2

Die Vergebung des Eisens mußte leider zu einer Zeit bewirkt werden, wo die Marktlage nicht besonders günstig war. Es wurden für 890 t Eisen, das im Jahre 1907 verdungen wurde, 340 Mark/t Flußeisen, 540 Mark/t Flußstahl und 340 Mark/t Gußeisen bezahlt, während die im Jahre 1908 noch vergebene Menge von 565 t wenigstens im Flußeisen um 25 Mark/t billiger erstanden werden konnte.

Als wichtigste für die Fahr- und Gehbahnteile bezahlte Einheitspreise seien erwähnt: bestes Striegauer Kleinpflaster III. Klasse von 10 cm Höhe frei Bahnhof Brandenburg a. d. H. 5,85 Mark/qm; Herstellung der Füllbetonunterlage einschließlich Einbringen, Vorhalten und Beseitigen der Einschalung, aber ohne Baustofflieferung 3,20 Mark/qm; Verlegen und Vergießen des Kleinpflasters 2 Mark/qm; Herstellung der Gehwege einschließlich der Einschalung 2,90 Mark/qm.

Die Uferbefestigung aus Schüttsteinen hat einen Aufwand von 210000 Mark erfordert; 1 qm hat im Durchschnitt 4 Mark für Steine einschließlich Anfuhr und 2 Mark für Einbringen und Packen einschließlich der erforderlichen Wasserhaltung gekostet. Das an den Mündungsstrecken verwendete Pflaster aus sächsischen Steinen, sogenannten Horzeln, hat durchschnittlich für Baustoffe, Bettung und Horzeln 3 Mark/qm und für Herstellung 2,10 bis 2,20 Mark/qm erfordert. In diesen Preisen ist die den Fuß bildende Stülpwand nicht einbegriffen.

Von den Nebenanlagen haben die vorübergehenden Verlegungen der beiden Bahnen auf zusammen 3367 m Länge einschließlich aller Arbeiten und Lieferungen im ganzen 40100 Mark, also für 1 m Länge rd. 12 Mark gekostet; die

Höherlegung der alten Bahnstrecke ohne Berücksichtigung der Schüttungsarbeiten für die Dämme, die in den Kanalaushub eingerechnet worden sind, hat für 1 m Länge etwa dieselben Aufwendungen erfordert. Die Herstellung von 1 qm Straßenpflaster Berliner VII. Klasse für die neuen Straßenzüge hat fix und fertig 5,50 Mark gekostet, 1 qm Wirtschaftsweg und Leinpfad 1 Mark, wovon 0,35 Mark auf Arbeitslöhne entfallen.

Die Ausführung der Naßbaggerarbeiten geschah durch die Firma H. Leymann, Bremen, die der Trockenbaggerarbeiten wurde im ersten Jahre ebenfalls durch Unternehmer bewirkt, dann aber von der Wasserbauverwaltung mit den vorhandenen Arbeitsmaschinen selbst übernommen. (Über die Ergebnisse vgl. die oben angezogene Abhandlung im Jahrgang 1912, S. 671 d. Z.) Die Ausführung der Brückenwiderlager war an die Firma Kisse, Güstebiese, verdungen, die Lieferung der eisernen Überbauten für die drei schiefen Brücken an die Firma Hein, Lehmann u. Ko., Berlin-Reinickendorf, und die drei senkrechten Straßenbrücken an die Brückenbauanstalt Beuchelt u. Ko., Grünberg. Die Herstellung der Ufermauer am städtischen Hafen ist durch die Firma Drenkhahn u. Sudhop, die auch den Entwurf ausgearbeitet hat, erfolgt, und zwar in der verhältnismäßig kurzen Zeit von kaum drei Monaten. Die Herstellung der übrigen Arbeiten geschah zum guten Teil im Eigenbetriebe, zum Teil auch durch örtliche Unternehmer.

Schleppzugschleuse.

Die neue Schleppzugschleuse liegt südlich neben der alten Vorstadtschleuse, und zwar so, daß die Oberhäupter der beiden Schleusen in einer Höhe miteinander im Oberwasser abschließen (Text-Abb. 5 und Abb. 4 Bl. 28). Die Schleppzugschleuse ragt daher mit der rechten Kammerwand rd. 145 m in das Unterwasser der nur 67 m Kammerlänge aufweisenden Vorstadtschleuse hinein und bildet so das beste Leitwerk für die nach dieser ein- und ausfahrenden Schiffe. Sie hat bei einer Weite von 17,5 m eine Drempel- und Kammertiefe von 3 m bei dem für Brandenburg a. d. H. ermittelten künftigen Unterwasser von + 0,40 B. P., und bei einer Kammerlänge von 210,57 m eine nutzbare Länge von rd. 220 m, so daß ein Dampfer mit sechs großen Kähnen in der Schleuse Platz hat.

Die Gründung ist durchweg auf Beton zwischen Spundwänden geschehen, und zwar ist der Grundbeton überall als Schüttbeton (1 Teil Zement, 2 Teile Sand, 3 Teile grober Elbkies und 3 Teile Granitschotter) unter Wasser eingebracht; die Stärke wurde je nach den Boden- und Auftriebverhältnissen bemessen und schwankt zwischen 2,2 m in den Häuptern und 1,5 m in der linken (landseitigen) Kammerwand. Die umschließenden Spundwände sind an den Häuptern bis 3 m, an den Kammerwänden 2 bis 2,5 unter die Sohle des Schüttbetons hinabgeführt und zwar an der ganz im Wasser stehenden rechten Kammerwand natürlich tiefer als an der landseitigen linken (Abb. 9 u. 11 Bl. 28). Zur gleichmäßigen Beanspruchung des Untergrundes und der Betonsohle sind die Häupter durch zwei innere Längsspundwände in drei Abschnitte zerlegt worden (Abb. 7 u. 12 Bl. 28). Diese Zwischenwände sind, da sie lediglich eine Teilung der Sohle bewirken sollen, natürlich nur wenig, 1,5 m, unter die Sohle hinabgeführt.

Von der Schleusensohle (— 2,60 B. P.) an sind die Kammermauern bis Niedrigwasser (+ 0,40 B. P.) in Kies-Stampfbeton 1 : 6 und von da ab in Klinkermauerwerk hochgeführt, während die Häupter bis auf die abdeckende Rollschicht aus Stampfbeton obiger Mischung hergestellt sind und von Niedrigwasser an eine Verblendung aus gelben Klinkern erhalten haben, die abwechselnd aus sechs Schichten von 0,38 m und sieben Schichten von 0,25 m Stärke besteht. Die Ausführung im einzelnen geht aus Abb. 5 bis 13 Bl. 28 hervor.

Die Wasserhaltung in der Baugrube geschah durch Oberflächenabsenkung in der Weise, daß die Spundwandkästen einzeln oder in Gruppen durch Kreisel von 30 cm Rohrdurchmesser mit Lokomobilantrieb unter gleichzeitiger Versteifung der Spundwände ausgepumpt, abgedichtet und trocken gehalten wurden.

Abb. 4.

Zur Vermeidung unerwünschter und unregelmäßiger Risse in den Kammerwänden sind in Abständen von 12 bis 15 m Trennungsfugen angeordnet worden, die nach Text-Abb. 4 gedichtet sind.

Die Einfassung der Oberkante der Schleusenplattform ist an den Längsseiten mit abgerundeten Eisenklinkern bester Beschaffenheit erfolgt, an den kurzen Querseiten der Häupter jedoch, wo die Stahltrossen sehr stark scheuern, mit gut verankerten gußeisernen Kantenverkleidungen von dem Querschnitt der abgerundeten Eisenklinker. Beide Arten können für Schleppzugschleusen mit dem starken und schweren Verkehr der unteren Havelwasserstraße, wenigstens für Schleusen mit senkrechten Wänden, nicht als nachahmenswert bezeichnet werden. Die Eisenklinker springen durch Stöße von Kähnen vielfach ab und müssen dann immer mit vieler Mühe und großen Kosten ausgewechselt werden, sollen die wunden Stellen nicht Anlaß zu weiteren Beschädigungen geben. Die gußeisernen Kantenverkleidungen sind ebenfalls stellenweise durch den Anprall von 600 t-Kähnen gebrochen und dann durch solche aus Stahlguß ersetzt worden. Diese sind bisher unversehrt geblieben.

Um zu erreichen, daß die landseitige Kammerwand möglichst nur durch den Wasserdruck eines dem Unterwasser ähnlichen Grundwasserstandes beansprucht wird, ist hinter ihr entlang ein Sickerkanal angeordnet worden, der neben dem Unterhaupt in Höhe des künftigen Niedrigwassers ins Unterwasser ausmündet. Zu seiner bequemen Prüfung und Überwachung sind an einigen Stellen Standrohre von 10 cm Durchmesser eingebaut, die mit Straßenkappen nach Art der Hydranteneinfassung umgeben sind.

Zur Erleichterung der Ein- und Ausfahrt sind im Ober- und Unterhaupt die Wände nach der ausbuchtenden Kammerwand zu und im Unterhaupt außerdem die am Unterwasser liegenden Innenkanten abgeschrägt (Abb. 7 u. 12 Bl. 28). Diese an sich gute Absicht hat sich jedoch als gänzlich verfehlt erwiesen, denn die Fahrzeuge verlieren dadurch vorzeitig ihre Leitwand und fahren infolgedessen oft mit großer Wucht gegen die Tore und die Schleusenmauern, ganz abgesehen davon, daß der Schleusenbetrieb durch unstetes Fahren nicht gefördert wird.

Die Schleuse besitzt keine Betonsohle in der Kammer. Auf Grund der Beobachtungen, die bei den Trockenlegungs-

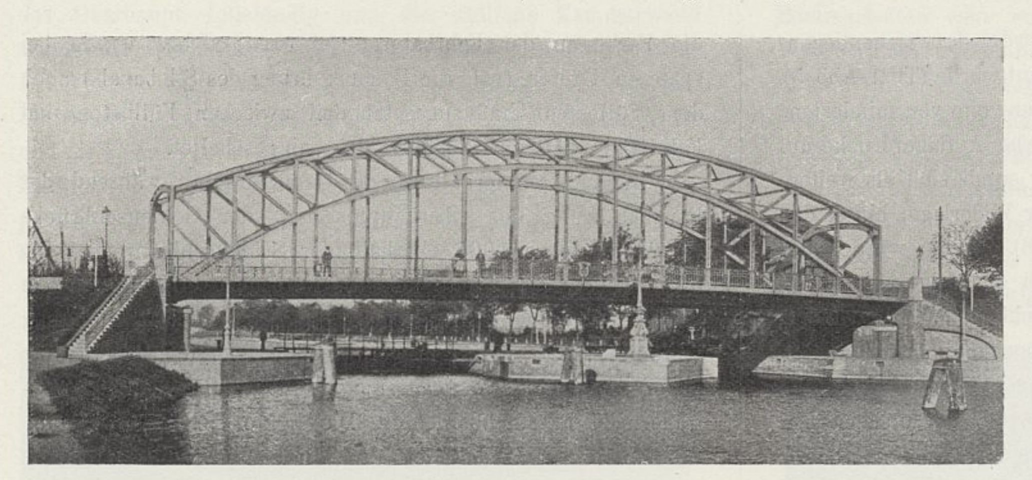


Abb. 5. Einfahrt zur Schleppzug- und Vorstadtschleuse.

arbeiten der beiden anderen, ähnliche Untergrundverhältnisse aufweisenden Brandenburger Schleusen (der Stadtschleuse im Winter 1903/04, der Vorstadtschleuse im Winter 1904/05) gemacht worden waren, war man nämlich zu der Überzeugung gekommen, daß eine Sohlenbefestigung gegen den Auftrieb für die Schleppzugschleuse nicht notwendig sei. Vielmehr wurde nur eine kräftige Steinschüttung zur Verhinderung von Auskolkungen durch das bei den Schleusungen ein- und ausströmende Wasser für erforderlich erachtet. Diese von 0,8 m Stärke am Oberhaupt nach unterhalb bis auf 20 cm ab- und vor dem Unterhaupt wieder auf 0,5 m zunehmend, hat sich gut bewährt und der Wasserbauverwaltung große Kosten erspart. Im Laufe der Betriebszeit hat sich zudem gezeigt, daß die Steinschüttung sogar besser ist als eine Betonbefestigung, insofern als sie die wirbelnde Bewegung des Wassers sehr bald aufhebt. In der ersten Zeit mußte die Schüttung an einzelnen Stellen noch verstärkt und ergänzt werden. Bereits vom sechsten Monate nach der Betriebseröffnung an sind jedoch keine weiteren Nachschüttungen erforderlich geworden und auch keine nennenswerten Kolke und Bodenverschiebungen in der Schleusenkammer mehr eingetreten.

In der Schleppzugschleuse kann zeitweise ein höherer Wasserstand vorhanden sein als in der dicht daneben liegenden Vorstadtschleuse und in ihrem Unterkanal; dieser Unterschied kann im Sommer vorübergehend bis 1,6 m betragen. Um nun den Weg des unter diesem Überdruck stehenden, nach der Nachbarschleuse oder dem Unterkanal etwa durchsickernden Wassers möglichst zu verlängern und den Überdruck so durch vermehrte Reibung im Boden zu vernichten, ist längs der ganzen rechten Kammerwand noch ein 6 m breiter Tonstreifen von 0,5 m Stärke eingebracht worden (Abb. 9 Bl. 28).

Die Füllung und Entleerung der Schleuse geschieht in jedem Haupt durch zwei Umläufe, die oberhalb und unterhalb der Tore einander gegenüber ausmünden; jeder hat einen Querschnitt von 5,57 qm; zur Unterstützung der Umläufe ist in jedem Torflügel noch ein 1,6 qm großes, durch Umlegehebel zu bedienendes Klappschütz eingebaut. Als günstigste Füllungszeiten sind bei einem größten Wasserunterschied von 1,6 m sieben bis acht Minuten beobachtet worden. Dabei erfordert eine Füllung rd. 6200 cbm Wasser.

Die Wandungen der Umlaufwände sind zum Schutz gegen den Angriff des Wassers aus einer fetten Mörtelschicht 1 : 2 in 10 cm Stärke unmittelbar im Verband mit dem übrigen Betonmauerwerk hergestellt und zur Verstopfung der Poren und feinen Löcher noch mit Zementmilch gestrichen worden. Als Verschlußvorrichtung für die Umläufe dienen keilförmige Rollschützen, die von Hand bewegt werden und durch Gegengewichte ausgeglichen sind. Die Einzelheiten ergeben sich aus Abb. 14 bis 20 Bl. 28.

Als Tore sind eiserne Stemmtore mit gekrümmter Blechhaut eingebaut, die in ihrem Aufbau aus den Abb. 21 bis 23 Bl. 28 ersichtlich sind, und die auch in ihrer Verankerung nichts Besonderes bieten. Auch die Tore werden von Hand bewegt; sie lassen sich leicht von je einem Mann bedienen und können in ein bis zwei Minuten geöffnet oder geschlossen werden. Die Bewegung geschieht mittels Zahnstangenantrieben.

Die Schleuse ist mit Steigleitern in der Weise ausgerüstet, daß jederseits fünf Leitern in Abständen von 40 bis 45 m angeordnet sind, so daß bei darin liegenden Finowkähnen sich mindestens neben jedem Kahn eine Leiter befindet. Poller sind in Abständen von 25 bis 30 m an jeder Seite vorgesehen, ferner in reichlicher Zahl Haltkästen, diese in zwei Höhen, 60 cm über dem Niedrigwasser und 50 cm über Sommerstau (+ 2,0 B. P.); ihre Entfernung beträgt in jeder Schicht voneinander 20 m.

Zur Trockenlegung der Schleusenhäupter dienen Notverschlüsse, die als Nadelwehre ausgebildet sind. Die Lehnen, breitflanschige Greyträger, die mit einer zulässigen Beanspruchung von 1500 kg/qcm berechnet sind und in ausgesparte Kästen an den Häupterenden gelegt werden, können ohne eine Zwischensteifung eine Wasserdruckhöhe von 4,5 m aufnehmen. Die dagegen zu legenden Nadeln sind aus Mannesmann-Rohren von 11 cm Durchmesser und 3 mm Wandstärke, die eine Beanspruchung bis 2000 kg/qcm zulassen. Allerdings muß zur Erzielung einer vollständig wasserdichten Wand vor diese Nadeln noch ein Segeltuch gelegt werden, das zweckmäßig unten mit Rasenstücken oder Lehmboden beschwert wird.

Beim Bau der Vorstadtschleuse 1881/83 war die damalige Landstraße Brandenburg — Klein-Kreutz etwas verlegt, in 1 : 50 angerampt und über das Oberhaupt hinweggeführt worden. Als Widerlager der einfachen Brücke, die mit Mastenklappen für segelnde Kähne ausgerüstet, aber seit Jahrzehnten zu diesem Zwecke fast nicht mehr benutzt worden war, dienten die hochgeführten Seitenwände des Oberhauptes; Raum für Leinpfade war nirgends gelassen; infolgedessen mußte der Uferverkehr der Schleusenwärter und Schiffer immer mittels zweier Treppen an jeder Seite die Landstraße übersteigen. Die Notwendigkeit der Brückenerweiterung durch den Einbau der Schleppzugschleuse bot willkommenen Anlaß zur Beseitigung dieses unerträglichen Übelstandes. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, den Längsverkehr an der Schleuse zu fördern, und um schließlich auch für den Betrieb die größtmöglichen Vorteile zu erreichen, wurde diese Brückenerweiterung in der Weise bewirkt, daß über die

Vorstadt- und Schleppzugschleuse nebst der dazwischenliegenden Plattform eine einzige Brücke gespannt wurde (Text-Abb. 5). Da die Brücke auf diese Weise eine Spannweite von mindestens 45 m erhalten mußte, also beträchtliche Auflagerdrucke auf den Baugrund zu übertragen hatte, so ergab sich als weitere Forderung die Herstellung selbständiger Widerlager hinter den Schleusenhäuptern (Abb. 6 u. 7 Bl. 28). Diese wurden der Sicherheit halber mittels Pfählen durch den feinen Sand hindurchgeführt und auf den gröber geschichteten Sand gegründet; die Köpfe dieser Pfähle wurden mit hochkantigen Bandeisen vielfach durcheinander und kräftig verschnürt und 50 cm in den Stampfbeton der Widerlager eingebettet. Diese selbst sind so eingeteilt, daß die eigentlichen vier Tragpfeiler für die Brückenauflast auf besonderen Pfahlbündeln stehen, und daß die jederseits zwischen zwei Pfeilern liegende Stützmauer für sich auf einzelnen Pfählen ruhend eingebaut und durch Trennungsfugen von den Pfeilern selbst getrennt ist. Die Widerlager bestehen aus Stampfbeton 1 : 6 und sind über Gelände mit gelben Klinkern verblendet.

Die Brücke hat eine Stützweite von 46,2 m; die Hauptträger sind als Zweigelenkbogen mit Zugband ausgebildet. Der Querschnitt der Brückentafel ist aus Abb. 5 Bl. 28 ersichtlich.

Die Herstellung der Fahrbahn geschah in der Weise, daß auf die Flanschen der Belageisen mit Zementmilch gestrichene Bandeisen 50×2 mm gelegt und mit dem darüber eingeschütteten Stampfbeton 1:3 eingestampft wurden; dadurch konnte die kostspielige Schalung gespart werden. Dieses Verfahren ist zwar billig und sehr einfach, hat sich aber nicht bewährt, da die Eisenbleche niemals ganz eben sind und gleichmäßig anliegen. Infolgedessen quillt bereits bei der Herstellung Beton durch, und später treten Wasserausschwitzungen und Kristallbildungen besonders an den Stellen ein, wo die Bleche nicht aufliegen. Auf die Herstellung der Füllbetonunterlage, deren Oberfläche profilgerecht nach Längs- und Quergefälle ausgebildet wurde, folgte mit ein bis zwei Tagen Zwischenraum die Herstellung des Pflasters, das in einer 2 bis 3 cm starken Schicht von Sand, Zement und Traß $2:1:\frac{1}{2}$ gemischt, trocken verlegt und abgerammt wurde. Sodann wurde das aus bestem Striegauer Granit bestehende Kleinpflaster von 10 cm Höhe mit einer dünnflüssigen Mischung von Sand, Zement und Traß $1\frac{1}{2}:1:\frac{1}{2}$ vergossen, und zwar mehrmals unmittelbar hintereinander solange, bis sich keine Hohlräume mehr zwischen den Steinen zeigten. Die Herstellung der Fußwege geschah ähnlich, nur wurden hier Mosaiksteine und Betonfliesen verlegt. Diese Anordnungen wurden nach dem Vorbild der Glienicker Brücke bei Potsdam gewählt, weil ihnen eine gleichmäßige und infolge des Traßzusatzes dichte, der Abnutzung gleichmäßig unterworfene Fahrbahntafel nachgerühmt wurde. Bei der Herstellung ist vor allem darauf zu achten, daß das Pflaster mit nicht zu dünnen Fugen verlegt wird, weil sonst der Verguß erschwert und unvollständig wird, und daß vor Regen oder Feierabend das gesetzte Pflaster unter allen Umständen noch vergossen wird. Die an das Pflaster auf der Schleusenbrücke geknüpften Hoffnungen haben sich insofern nicht ganz erfüllt, als schon nach kurzer Zeit Wasser durchzusickern und den Zement auszulaugen begann, indem sich an der Unterfläche Kalkkristalle bildeten. Dadurch wurde die Farbe an der Fahrbahn abgefressen; daher wurde bei späteren Bauten (vgl. die Bauausführung des Silokanals) auch dem Füllbeton Traß zugesetzt und zwischen Füllbeton und Fahrbahn noch eine Isolierschicht eingeschaltet.

Zur Aufrechterhaltung des Landverkehrs während der Bauausführung des Oberhauptes und der Schleusenbrücke wurde im Jahre 1907 oberhalb der Schleusenbauwerke eine 60 m lange, 7 m breite hölzerne Notbrücke errichtet, die in ihrer Anlage nichts Besonderes bot. Als Schiffahrtöffnung wurde in diese eine 12 m weite Öffnung vor dem Oberhaupte der Vorstadtschleuse eingebaut und mit breitflanschigen Greyträgern N. P. 28 überdeckt. Die lichte Höhe der Öffnung war entsprechend der der alten Brücke über die Vorstadtschleuse.

Der Einbau der neuen Schleppzugschleuse neben die alte Vorstadtschleuse zwang natürlich auch zu einer ganz beträchtlichen Erweiterung der vorhandenen Vorhäfen. Im Oberwasser waren große Wiesenflächen und im ganzen rd. 100000 cbm Boden weg- und abzubaggern, wodurch ein Vorhafen von etwa 600 m Länge bei 60 bis 100 m Breite geschaffen wurde. Im Unterwasser wurde der ganze südliche Teil des Beetzsees einschließlich der Mündung des Silokanals durch geeignete Molenschüttungen zu einem ausgedehnten Warte- und Liegeplatz ausgebaut (Abb. 1 Bl. 26 und Abb. 4 Bl. 28); diese Anordnung erwies sich hier um so nötiger, als in Zukunft fast der ganze Durchgangsverkehr von Brandenburg von rd. 45 000 Fahrzeugen durch den Silokanal in den Beetzsee geleitet wird, so daß hier dauernd mit großen Schiffbewegungen und vorübergehend auch mit großen Ansammlungen gerechnet werden muß. Diese Molen sind soweit wie möglich mit Baumpflanzungen versehen, damit sie der Schiffahrt später möglichst auch Windschutz gewähren können. Die Schüttung der Molen, besonders der Köpfe, machte große Schwierigkeiten, da der Beetzsee an jener Stelle über dem sandigen Untergrund eine 3 bis 4 m starke Morastschicht aufweist, durch die die Schüttungen hindurch getrieben werden mußten; die dabei aufgequollenen Morastmengen wurden, wo nötig, dann später wieder weggebaggert. Die Befestigung der Molen und Ufer geschah mittels Spundwänden, wozu die beim Bau gewonnenen Abschnitte verwendet wurden, mit darüber liegendem Pflaster aus sächsischem Sandstein (Horzeln) auf Steinschlag oder Kiesbettung (Abb. 1 bis 3 Bl. 28).

Die Bauausführung der Schleppzugschleuse begann im August des Jahres 1906, nachdem bereits im Winter 1904/05 der neben der Vorstadtschleuse liegende Teil der nördlichen Kammermauer im Schutze der zum Einbau neuer Untertore eingerichteten Wasserhaltung wenigstens in seinen Grundmauern hergestellt worden war. Damals war auch noch die Lage des Oberhauptes entgegengesetzt der endgültigen Anordnung geplant, was die unter der Schleusensohle noch vorhandenen Spundwandreste im oberen Teil der Kammer bezeugen. Im Herbste des Jahres 1906 wurde dann zunächst die nördliche Schleusenmauer, die sogenannte Trennungswand, weil sie die Schleuse vom Unterwasser der Vorstadtschleuse trennt, gegründet und zum Teil hochgeführt. Im Jahre 1907 wurde dieser Teil und die Wand neben der Vorstadtschleuse fertiggestellt, die Häupter in Angriff genommen und das Unterhaupt annähernd vollendet, außerdem die hölzerne Notbrücke oberhalb der Schleusenanlage errichtet. 1908 wurde

das Oberhaupt vollständig und die südliche Kammerwand ausgeführt, die Tore und Schützen eingebaut, sowie die Brücke und die Uferbefestigung oberhalb der Schleusenanlage hergestellt. Im Frühjahr 1909 wurden dann die Restarbeiten und die Baggerungen in den Vorhäfen erledigt. Am 30. Juni 1909 konnte das fertige Bauwerk durch den Herren Regierungspräsidenten in Potsdam gelegentlich der Bereisung der Märkischen Wasserstraßen durch die Schiffahrtkommission dem Verkehr übergeben werden.

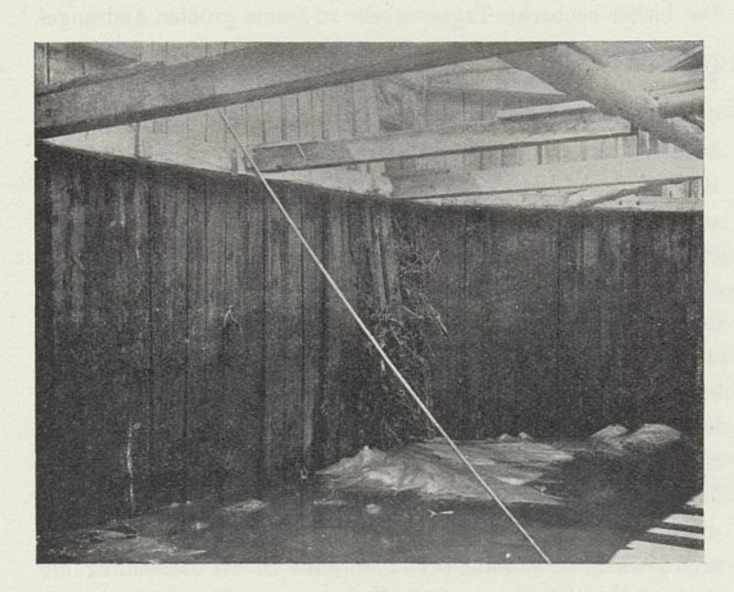


Abb. 6. Landseitige Spundwand am Unterhaupt.

An Schwierigkeiten hat es bei der Ausführung der Schleppzugschleuse nicht gefehlt; ja man kann sagen, daß beinahe der ganze Bau in einer fortlaufenden Kette von Hindernissen bestand. Sie begannen bereits bei der an die Trockenlegung der Vorstadtschleuse gebundenen Teilausführung im Winter 1904/05, wo der ganze Schütt- und Stampfbeton während der Wintermonate eingebracht werden mußte. Hierzu kam, daß der Wasserstand der Baugrube, in die der Schüttbeton zu verbauen war, 4 m tiefer lag als das allerdings durch den starken Straßendamm abgehaltene Oberwasser; dadurch war es möglich, daß sich im Schüttbeton zwei sehr starke Quellen bildeten, deren Stopfung nur mit größter Mühe gelang. Die Arbeiten im Herbst 1906 an der nördlichen Kammerwand, der Trennungswand im Unterwasser gestalteten sich dadurch besonders schwierig, daß der ganze Schiffahrtbetrieb nach der Vorstadtschleuse von 100 bis 140 Fahrzeugen täglich daneben entlang ging und nicht gestört werden durfte, wogegen dieser seinerseits sehr häufig, besonders bei Wind die Bauarbeiten benachteiligte. Hierzu kam, daß die Beförderung der Baustoffe vom Lande nach der Baugrube im Wasser sehr umständlich und langwierig wurde und auch einige Unglücksfälle im Gefolge hatte. Die Arbeiten des ganzen Jahres 1907 hatten unter einem Sommerhochwasser von einer Höhe und Dauer zu leiden, wie es die Havel seit Beginn der Pegelbeobachtungen von 1810 in dieser Jahreszeit noch niemals gebracht hatte. Infolgedessen reichten nirgends die Umfassungsspundwände in ihrer Höhe aus; man mußte überall aufkasten und aufbauen und diese Hilfsbauten monatelang (Juli bis September) sorgfältig überwachen. Bei Herstellung des Unterhauptes und eines Teiles der südlichen Kammerwand wurde wider Erwarten eine starke Tonschicht sowie Steine im Untergrund angetroffen, die die Rammarbeiten sehr erschwerten, ja zum Teil selbst unter Verwendung von Spülbetrieb beinahe ganz unmöglich machten; es kam vor, daß am Tage nur einzelne Bohlen gerammt werden konnten. Da infolgedessen der dichte Schluß der Spundwände natürlich sehr zu wünschen übrig ließ, lief nachher beim Baggern der Sand infolge der saugenden Wasserbewegungen der aushebenden Greifer durch die Spundwandfugen in die Baugrube hinein, so daß auf der ganzen Landseite kostspielige und langwierige Dichtungen aus Faschinen und Sandsäcken hergestellt werden mußten, um die Bodenbewegungen zum Stehen zu bringen; allein 14000 Sandsäcke sind auf diese Art und Weise zu Dichtungszwecken verpackt worden. Im Unterhaupt war man sogar bei den Rammarbeiten in Höhe der Betonsohle auf einen großen Tonschieferblock gestoßen, ohne es zunächst zu merken; erst als beim Bodenaushub die Dichtung auch mit Sandsäcken und Faschinen nicht standhielt, und dann sogar mehrere Meter abgebrochener, vollständig mürbe gerammter Spundwände mit dem Greifer zutage gefördert wurden, klärte sich das Rätsel auf. Eine nachträglich neben der Holzspundwand eingerammte eiserne Spundwand brachte auch hier endlich Stillstand in die Bodenbewegung; bei den weiteren Förderungsarbeiten gelang es dann auch den durch die eisernen Spundwände abgesprengten, etwa 1,5 cbm großen Teil jenes Findlings, der in die Baugrube ragte, zutage zu bringen. Die Text-Abb. 6 und 7 geben ein Bild davon, daß an jenen Stellen die Spundwände an Dichtigkeit sehr viel zu wünschen übrig ließen.

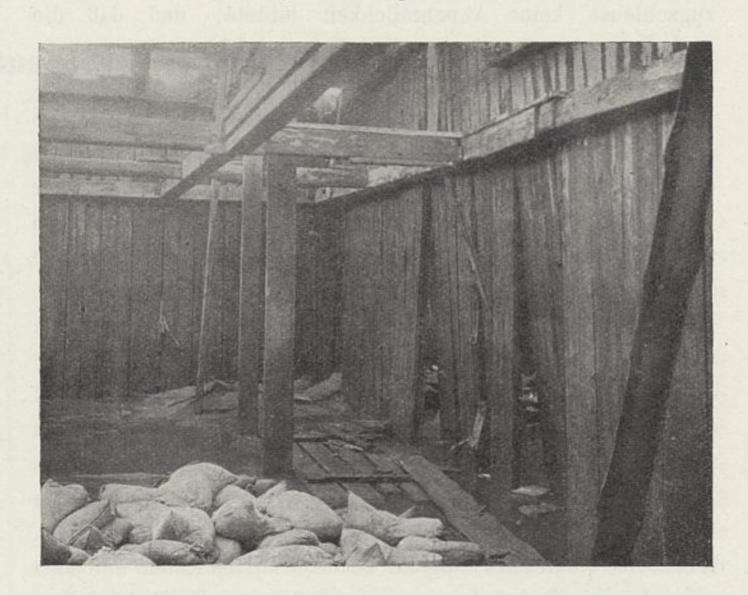


Abb. 7. Südliche Trennungsspundwand im Unterhaupt.

Der Aufbau der eisernen Brücke mußte von einem Gerüst aus geschehen, dessen Unterkante nicht niedriger liegen durfte als die frühere Vorstadtschleusenbrücke. Da auch die Unterkante der endgültigen Brücke mit Rücksicht auf die benachbarten Straßen nicht höher gelegt werden konnte, so mußte die Brücke nach ihrem Zusammenbau mittels hydraulischer Pressen um die Höhe des Gerüstes, also um etwa 60 cm auf die Auflager gesenkt werden. Leider hatte dabei einer der Arbeiter nicht auf das vom Betriebsingenieur gegebene Haltezeichen geachtet, so daß die Senkung an einem Widerlager um einige Millimeter größer war als an den übrigen; die Folge davon war, daß der eine Hauptträger sich um eine kleine Wenigkeit nach innen lehnte, wodurch die sechs Schrägen

und Senkrechten in der Mitte des oberen Windverbandes ausknickten, so daß sie vollständig ausgewechselt werden mußten, ehe die Träger ihre richtige Lage erhalten konnten.

Berücksichtigt man neben diesen andauernden Schwierigkeiten noch den Umstand, daß die Lagerplätze sehr beengt, beschränkt und zerrissen waren, und daß der durch die Vorstadtschleuse gehende rege Schiffsverkehr von täglich 100 bis 140 Fahrzeugen durch die Bauarbeiten nicht gestört werden durfte, so läßt sich leicht ermessen, daß die Ausführung der Schleppzugschleuse keine Annehmlichkeit bildete, und daß die Einhaltung des Bauplanes nicht immer leicht war.

Der Schleusenbetrieb an der Vorstadtschleuse ist in der Weise geregelt, daß vorwiegend der in Schleppzügen fahrende Durchgangsverkehr die Schleppzugschleuse benutzt, während der örtliche Verkehr und die Schiffahrt von und nach der Beetzsee-Riewendsee-Wasserstraße, die jährlich nur einige tausend Fahrzeuge beträgt, sowie sonstige einzeln fahrende Schiffe nach wie vor durch die alte Vorstadtschleuse gehen. In die Schleppzugschleuse fahren die Schleppzüge langsam mit Dampfkraft ein; sobald der dritte Kahn mit dem Steuer das Haupt durchfährt, wird die Verbindung zwischen ihm und dem vierten Kahn gelöst, der dritte Schleppkahn sodann möglichst schnell mittels der an den Häuptern angebrachten seitlichen Poller seitwärts verholt und gebremst, worauf die drei letzten Kähne neben den ersten vorbei in die Schleuse einlaufen. Leider ist die Geschwindigkeit der drei letzten Kähne nur noch sehr gering; sie beträgt nur etwa 0,3 m/sek. und vermindert sich bald noch weiter. Die Schiffer und Schleusenwärter müssen daher von vornherein, sobald der vierte Kahn das Schleusenhaupt berührt, durch Ziehen an den Haltekästen und Treideln von den Schleusenmauern aus kräftig nachhelfen. Das Einfahren der ersten Hälfte des Zuges dauert, abgesehen davon, daß besonders der Wind einen großen Einfluß, besonders auch auf leere Kähne ausübt, durchschnittlich etwa 7 bis 8 Minuten, das der zweiten Hälfte etwa 10 bis 11 Minuten. Auf diese Weise nimmt die Einfahrt in günstigen Fällen 18 Minuten, meistens aber länger, vielfach bis 25 und 30 Minuten Zeit in Anspruch; das Öffnen der Tore dauert je etwa $1^1/_2$ bis 2 Minuten. Das Füllen und Entleeren je nach dem vorhandenen Gefälle einschließlich Öffnen der Schützen 4 bis 10 Minuten. Das Ausfahren gestaltet sich etwas günstiger als das Einfahren, weil keine Hilfe von Hand weiter nötig ist als die, um den vierten Schleppkahn möglichst schnell aus seiner seitlichen Stellung hinter den dritten Kahn zu bringen, damit das Ankuppeln rechtzeitig und ordnungsgemäß erfolgen kann. Die Dauer der Ausfahrt ist im Mittel zu 14 Minuten beobachtet worden. Eine ganze Schleusung dauert daher unter günstigen Umständen bei 1,6 m Wasserwechsel etwa

18	Minuten	Einfahrt
2	„	Schließen der Tore
10	„	Füllen oder Entleeren
2	„	Öffnen der Tore
14	„	Ausfahrt

zus. 46 Minuten, meist jedoch zwischen 50 und 60 Minuten. Als mittlerer Wert kann die Dauer von 54 Min. angenommen werden. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich eine tägliche Leistungsfähigkeit der neuen Schleppzugschleuse von

20 Schleusungen bei 18 stündiger Betriebszeit und
27 „ „ 24 „ „ „

während die alte Vorstadtschleuse in den entsprechenden Zeiten 27 und 36 Schleusungen leistet. Nimmt man an, daß durch die Schleppzugschleuse nur große Fahrzeuge einschl. der Dampfer und durch die Vorstadtschleuse, die drei kleine Finowkähne faßt, nur Finowkähne fahren, so ergibt sich als tägliche Leistungsfähigkeit der Brandenburg-Vorstadtschleusen:

140 + 81 = 221 Fahrzeuge bei 18- und
189 + 108 = 297 Fahrzeuge bei 24 stündigem Betrieb.

Der bisher beobachte Tagesverkehr zu Zeiten größten Andranges hat 200 bis 210 Fahrzeuge, ganz ausnahmsweise einmal 221 Fahrzeuge betragen; darunter befanden sich jedoch immer 60 vH. kleine Kähne, während in der obigen Annahme nur 30,5 vH. Finowkähne enthalten sind. Somit läßt sich mit Bestimmtheit sagen, daß die Brandenburger Schleusenanlage auf lange Zeit hinaus ausreichend sein wird. Zu berücksichtigen ist ferner noch, daß sich die Schleusungszeit sicher noch etwas verkürzen lassen wird, wenn sich alle Beteiligten in den neuartigen Betrieb voll eingearbeitet haben werden, d. h. wenn die Schiffer die nötigen Handgriffe des An- und Abkuppelns immer mit der erwünschten Sicherheit und Pünktlichkeit und vor allem im rechten Augenblick ausführen, wenn die Schleusenmeister das Ablesen der Pegel und die Durchsicht der Papiere und die Abfertigung der Schiffer schnell und pünktlich vornehmen, und die Schleusengehilfen sich die erforderliche Gewandtheit und Sorgfalt in der Bedienung der Schleuseneinrichtungen zugleich mit der Abwicklung der im Interesse der Schiffer erforderlichen Geschäfte, An- und Abbinden der Fahrzeuge angeeignet haben werden.

Die Baukosten haben im ganzen 930 000 Mark betragen; davon entfallen auf das eigentliche Bauwerk 639 000 Mark, einschließlich rd. 50 000 Mark für die im Eigenbetriebe unterhaltene Wasserhaltungsanlage, auf die Brücke einschl. Notbrücke 160 000 Mark, auf die Herstellung der Vorhäfen 66 000 Mark; die übrigen Kosten sind für Grunderwerb, anteilige Straßenbaukosten und Anliegerbeiträge und dergleichen aufgebraucht worden.

Die Ausführung der Baggerarbeiten am Schleusenbauwerk geschah im Eigenbetriebe, ebenso auch die Wasserhaltung während der ganzen Bauausführung; die Ramm-, Erd-, Beton- und Maurerarbeiten waren der inzwischen aufgelösten Tiefbaugesellschaft m. b. H. in Berlin, die Herstellung des eisernen Überbaues der Straßenbrücke der Firma J. Gollnow u. Sohn, Stettin, und die Baggerarbeiten in den Vorhäfen der Firma Leymann, Bremen, übertragen.

Wenn auch durch die vorstehend beschriebenen Anlagen den Bedürfnissen der Landwirtschaft oberhalb und bei Brandenburg sowie den Rücksichten der Schiffahrt bei Brandenburg weitestgehende Rechnung getragen ist, so konnte es doch nicht ausbleiben, daß bei derartigen einschneidenden Veränderungen und Eingriffen in die örtlichen Verhältnisse auch alle anderen beteiligten Interessentengruppen in ihren Erwerbsquellen Veränderungen erleiden mußten, von denen sie selbst zum mindesten Schädigungen oder nachteilige Beschränkungen ihrer Gerechtsamen herleiten zu dürfen glaubten. Von diesen seien hier namentlich die Brandenburger Müller genannt, die behaupteten, durch die schnelle Absenkung des Oberwassers im Frühjahr eine Verringerung ihrer Wasserkräfte zu erleiden,

sowie die Brandenburger Fischer, die durch die Veränderung der Wasserführung bei Brandenburg eine Abnahme ihrer Fischereierträge zu erleiden meinten. Die zur Klärung dieser Ansprüche erforderlichen umfangreichen Feststellungen, Maßnahmen und eingehenden Versuche haben mehrere Jahre in Anspruch genommen und lassen die Hoffnung berechtigt erscheinen, daß bei zweckentsprechender Rücksichtnahme in der Handhabung der neuen Stauanlage sowie bei der Regelung der Schiffahrt eine Benachteiligung jener Interessentengruppen so gut wie vollständig vermieden werden kann.

Greifenhagen, 1914.

Ostmann, Regierungsbaumeister.

Die Wildbachverbauungen in der Schweiz.

Besprochen von A. v. Morlot, eidgenöss. Oberbauinspektor.

(Mit Abbildungen auf Blatt 29 im Atlas.)

Einleitung.

Aus Veranlassung der schweizerischen Landesausstellung in Zürich im Jahre 1883, bei welcher sich das schweizerische Departement des Innern (Abteilung Bauwesen) beim Wasserbau mit Zeichnungen und Reliefen beteiligte, fügte der damalige eidgen. Oberbauinspektor A. v. Salis eine erläuternde Schrift bei „Das schweiz. Wasserbauwesen: Organisation, Leistungen und Bausysteme“, in welcher die wichtigsten der damals in der Schweiz in Ausführung begriffenen Korrektionen und Verbauungen grundsätzlich besprochen wurden.

In den Jahren 1890 und 1892 fand dann diese Veröffentlichung eine weitere Fortsetzung in zwei Heften, betitelt: „Die Wildbachverbauung in der Schweiz“ nach ausgeführten Werken, im Auftrag des eidgen. Departements des Innern, dargestellt und besprochen vom eidgen. Oberbauinspektorat. Diese Hefte enthielten nebst einer Übersicht über den damaligen Stand der Wildbachverbauungen in der Schweiz im Jahre 1890 die ausführliche Beschreibung der ausgeführten Arbeiten.

Für die Landesausstellung in Bern 1914 wurde dann ein drittes Heft dieser Veröffentlichungen herausgegeben, unter dem Titel „Wildbachverbauungen und Flußkorrektionen in der Schweiz“, in welchem die seit den früheren Veröffentlichungen gemachten Erfahrungen bekanntgemacht und zugleich für die Planung und Ausführung neuer Arbeiten eine gewisse Wegleitung gegeben werden sollte.

Aufnahme und Planung.

Allgemeines.

Bei der gegenwärtigen Organisation der technischen Baubehörden von Bund und Kantonen hat sich für Aufnahmen und Planungen bei Wildbachverbauungen folgendes Verfahren als zweckmäßig erwiesen:

Vorerst ist eine sorgfältige Besichtigung des ganzen Bachlaufes vorzunehmen, bei welcher der Umfang der auszuführenden Arbeiten, die Bauweise, einzelne besonders günstige Baustellen usw. besprochen und festgestellt werden können. Man muß nun schlüssig werden, ob die Unschädlichmachung des Baches durch Vornahme ausgedehnter Arbeiten eine tunlich vollständige sein kann, ob diese vermittels Einsetzen von Querbauten (Sperren) mit Nachhilfe von Entwässerungen zu geschehen hat, ob vielleicht das Hinüberleiten des Bachbettes auf Felsen oder sogar die vollständige Ableitung des Baches durch einen Tunnel und die Erstellung eines ganz neuen Bachlaufes möglich ist. Sollten Kosten halber solche durchgreifende Maßregeln nicht gewählt werden können, so läßt sich mancherorts eine Verbesserung der Zustände mittels planmäßiger und folgerecht durchgeführter Ausräumungen in Verbindung mit kleinen Uferschutzbauten herbeiführen.

Dann erfolgt die Aufnahme selbst, welche nach Bedürfnis ausgedehnter und sorgfältiger oder nur übersichtlich gemacht werden kann, je nachdem mit den Bauten sofort begonnen oder mehr nur ein Überblick über die Verbauungswerke und Kosten gegeben werden soll. Im allgemeinen empfiehlt es sich, bei den großen Veränderungen, welche Hochgewitter in unverbauten Bächen bewirken, einen mehr allgemeinen Entwurf aufzustellen und nur für die Arbeiten der einzelnen Baujahre ausführliche, genauere Entwürfe der einzelnen Bauanlagen oder einer Gruppe solcher vorzunehmen.

Nach Beendigung der Aufnahmen ist von den technischen Behörden neuerdings ein Augenschein vorzunehmen, bei welchem an Hand der Pläne: Lageplan, Längen- und Querschnitte eine genauere Bestimmung der einzelnen Baustellen möglich ist.

Im besonderen.

Sperren. Da bei dem Entwerfen von Wildbachverbauungen nur eine beschränkte Art von Bauanlagen und die Erstellung der Querbauten eine Hauptrolle spielen, so wird man sich zuerst prüfen müssen, ob man hohe Sperren oder mehr Sohlversicherungen ausführen will.

Höhe der Sperren. Diese Frage läßt sich nicht grundsätzlich lösen, man kann nur sagen, daß, wenn man einen tief eingeschnittenen Bachlauf stark erhöhen muß, um untergrabenen Einhängen einen neuen Fuß zu geben, hohe Sperren notwendig sind; sind die Borde nicht hoch, so können niedrige Sohlversicherungen erstellt werden, wobei der unterhalb liegende Querbau die Grundmauern des oberen vollkommen eindecken sollte. Hierbei ist auch das Gefälle in Berücksichtigung zu ziehen, bei stärkerem sind höhere Sperren, bei schwächeren Gefällen niedrigere anzuwenden. Höhere Sperren brechen auch die Gewalt des Wassers besser als niedrigere und begünstigen daher die Ablage der Geschiebe mehr, so daß aus diesem Grunde das Einschalten von größeren Sperren in die Verbauung empfohlen werden darf.

Bauart. Ob die Sperren gerade oder gekrümmt (bogenförmig) erstellt werden sollen, hängt in erster Linie von den Anlehnungen ab. Sind die Borde Felsen oder sehr widerstandsfähiges Gelände, so ist es angezeigt, die Sperren bogenförmig auszuführen, indem sie dem Druck weit besser wider-

stehen und daher in geringeren Abmessungen ausgeführt werden können. Nur muß die Krümmung eine schwache sein, damit die Bogenenden auch bei allfällig später notwendig werdender Erhöhung des Baues noch tief genug in die Seitenböschungen eingreifen können. Bei schlechter Beschaffenheit der Uferhänge ist eine geradlinige Führung der Sperrbauten vorzuziehen, nur ist diese dann als starke Stützmauer auszuführen, wobei auch auf die Überlastung der Sperre durch Murgänge Bedacht zu nehmen ist.

Die genügende Stärke der Querbauten, ihre tiefe Gründung, die sorgfältige Vermeidung von seitlichen Umspülungen und eine gediegene kunstgerechte Ausführung von Sperrkörper und Flügeln sind ungleich wichtiger als der Umstand, ob der Bau geradlinig oder gekrümmt auszuführen ist.

In betreff der Frage, ob den Sperren ein Anzug gegeben werden soll oder nicht, zeigt die Erfahrung, daß bei einem stark geschiebeführenden Bach, kein oder jedenfalls nur ein sehr schwacher Anzug, zum Beispiel $^1/_{20}$ bis $^1/_{10}$, gegeben werden sollte, indem sonst das über die Krone hinwegrollende Geschiebe den Sperrkörper nach und nach beschädigen würde und diese Schäden schwer zu beseitigen sind. Führt der Bach nur Schlamm und wenig Geschiebe, so darf zur Erhöhung der Standsicherheit der Vorderfläche ein Anzug von $^1/_5$ bis $^1/_3$ gegeben werden, unter Umständen kann selbst eine treppenförmige Anlage den Vorzug verdienen.

Baustoff der Sperre. Schon bei Beginn der Planung hat man sich zu entscheiden, aus welchem Stoff die Sperren erstellt werden sollen. Da kommt es vor allem darauf an, ob in der Nähe der Baustellen frostbeständiges Gestein von genügender Größe erhältlich ist; ist dies nicht der Fall, so muß man zu Holz- oder Betonbauten greifen. Die Holzbauten sollten aber auch in einem besonderen Falle vorzugsweise zur Ausführung gelangen, nämlich da, wo die Einhänge eines Baches aus sehr schlechtem, wasserdurchtränktem, weichem Stoff bestehen und starke Rutschungen vorhanden sind. Da leisten kastenförmige Sperren, mit Steinen oder Faschinen ausgepackt, sehr gute Dienste, auf so lange, bis mittels Hebung der Bachsohle, Entwässerungen, an den beidseitigen Hängen Ruhe eingetreten ist, wonach man dann solche Kastensperren durch Stein- oder Betonbauten ersetzen kann.

Von der Menge und der Beschaffenheit des zu Gebote stehenden Gesteines wird es dann auch abhängen, ob man Trockenmauerwerk oder Mörtelmauerwerk anwenden soll. Die Erfahrung hat gezeigt, daß ersteres nur bei Steinen von sehr bedeutenden Abmessungen (über 1 cbm) ausgeführt werden sollte (Gryonne, Veveyse, Niederurnen, Bilten, Spreitenbach), wobei es immerhin vorsichtig ist, wenn man die Krone und die Flügelmauern in Mörtel versetzt. Bei kleinerem Gestein soll, wenn es Kosten halber irgendwie möglich ist, durchwegs Mörtelmauerwerk ausgeführt werden; die Erfahrung an den verschiedenen Wildbachverbauungen der Schweiz hat dies ganz besonders gezeigt.

Während bei Trockenmauerwerk für die Wasserableitung durch die Sperren hindurch keine besonderen Vorkehren erforderlich sind, ist dies beim Mörtelmauerwerk durch absatzweise Anlage von Durchlässen, eingelegte Röhren oder ausgemauerte Kanäle durchaus notwendig.

Bei Sperren aus Beton, bewehrt oder nicht bewehrt, ist die gleiche Vorsicht anzuwenden, und wird noch die Hinterfüllung derselben mit großen, dem Bachbett entnommenen Kieseln eine sehr nützliche Maßregel sein. Der Auswahl des Gesteins und der erforderlichen Bindemittel (Zement oder hydraulischer Kalk) sowie der sorgfältigen Arbeit ist die größte Aufmerksamkeit zu schenken.

Ausführung der Bauten.

a) Reihenfolge.

Hier stellt sich vor allem die Frage, in welcher Reihenfolge die Bauten überhaupt ausgeführt werden sollen, ob sie von oben herab oder von unten herauf, oder gruppenweise nach und nach zu erstellen sind. Auf diese Frage gibt es nun wieder keine allgemein gültige Antwort, da die Verhältnisse, welche bei Wildbachverbauungen vorkommen, eben sehr verschieden sind. Muß man unterhalb liegende Wohnstätten und wertvolles Eigentum baldtunlichst schützen, so wird man von unten herauf bauen, damit jede neu erstellte Baute (Sperre) einen Teil der herunterkommenden Geschiebe aufhält und sofort das Bachbett unterhalb entlastet. Je höher man hinauf kommt, je vollständiger wird der Schutz, den man erhält, man verhindert aber dadurch das Weiterschreiten der Bachvertiefung nur in geringem Maße.

Will man das Weitergreifen einer von unten herauf kommenden Vertiefung der Bachsohle an einem bestimmten, günstig gelegenen Punkt unterbrechen, so wird man oben anfangen, um der Auswaschung Einhalt zu tun. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, daß man der Sicherung der Grundmauern der untersten der ausgeführten Bauten alle Aufmerksamkeit zu widmen hat und oft genötigt sein wird, rasch bachabwärts die Bauten fortzusetzen.

Die gruppenweise Ausführung wird sich in vielen Fällen als die zweckmäßigste herausstellen und ist daher sehr zu empfehlen. Man erreicht damit bald einen guten Schutz für das ganze zu schützende Gebiet und vermindert meist die Übelstände, die bei den beiden früheren Bauweisen erwähnt worden sind. Sie ist aber anfangs jedenfalls die kostspieligste Bauart, weil zuerst viel schneller gebaut werden muß als bei den beiden übrigen.

b) Sperren.

Bei der Ausführung der Sperren ist der Gründung die größte Aufmerksamkeit zu widmen. Diese soll so tief als möglich ausgeführt werden, so daß eine allfällige Auskolkung bei Hochwasser nicht zu befürchten ist. Wenn felsiger Untergrund vorhanden ist, so muß die Sperre in diesen eingelassen werden; bei schlechtem Boden ist es vorsichtig, einen mit Steinen ausgepackten Holzrost einzulegen oder als Unterlage eine starke Platte aus bewehrtem oder gewöhnlichem Beton auszuführen, es sei denn, man könne den ganzen Bau auf einen Pfahlrost stellen. Kann man die Gründung nicht tief genug hinuntertreiben, so muß man dafür besorgt sein, daß man vor die Hauptsperre eine Vorsperre einlegt, so daß diese die Grundmauern der Hauptsperre eindeckt, d. h. die unterhalb liegende Sperre muß mit ihrer Krone höher liegen als die Grundmauer der oberhalb befindlichen, um sie auf diese Weise gegen Unterkolkung zu schützen (treppenförmige Anlage der Sperren).

Die Ausführung von Fallbetten zum Schutze der Grundmauer hat sich im allgemeinen nicht bewährt, es findet ein allmähliches Ausspülen der feineren Stoffe unter den Pflasterungen statt, die großen Steine kommen in Unordnung und nach und nach wird auch das mit noch so großer Sorgfalt erstellte Fallbett zerstört. Besteht z. B. das Fallbett aus einem großen Betonklotz, so wird dieser durch die Reibung und den Anprall der Geschiebe nach und nach abgenutzt und geht zuletzt ebenfalls zugrunde oder bedarf wenigstens häufiger, kostspieliger Ausbesserung. Eine entweder allein oder über eine Steinpflasterung eingelegte Holzabdeckung gibt ebenfalls kein günstiges Ergebnis; das Holz geht auch hier zu rasch zugrunde. Als bestes Mittel bleibt die Erstellung einer Vorsperre, durch die ein Wasserbecken (Wasserpolster) gebildet wird, in welchem das über die Sperre herabstürzende Wasser seine Geschwindigkeit verliert und daher unschädlich gemacht wird. Hierbei ist aber zu beachten, daß die Seitenmauern dieses Beckens tief genug gegründet oder so weit zurückgesetzt werden, daß der schädliche Einfluß des abstürzenden Wassers die Grundmauer derselben nicht mehr gefährdet.

Bei der Besprechung der Gründung ist hauptsächlich die steinerne Sperre ins Auge gefaßt worden; bei Anlage von hölzernen Sperren, welche infolge des weniger dauerhaften Stoffes mehr ein einstweiliges Gepräge haben, darf das Grundwerk weniger tief angelegt werden. Mit Vorteil hat man dort als unterste Lage lange Tannen samt Verästungen benutzt, welche in der Längsrichtung des Bachbettes eingelegt und mit Pfählen festgemacht wurden. Die Hinterfüllung der Sperre durch Geschiebe bildet eine Belastung, welche die Standfestigkeit der Sperre erhöht. Ein kastenförmiger Aufbau aus Längs- und Querhölzern, deren Zwischenräume mit Steinen und Faschinen ausgefüllt sind, bildet den Körper der Sperre. Die oberste Schicht muß entweder mit Holz (Rundholz oder Bohlen) abgedeckt oder mit einer Steinpflasterung (Steinschicht) versehen werden. Die Flügel der Sperre sollten, wenn irgend möglich, aus Stein ausgeführt werden, indem hölzerne Flügel zu rasch durch Fäulnis zugrunde gehen.

Bei steinernen Sperren ist Mörtelmauerwerk dem Trockenmauerwerk unbedingt vorzuziehen. Dasselbe kann entweder mit hydraulischem Kalk oder mit Zementmörtel gemacht werden, je nachdem die Rücksicht auf Ersparnis oder die Erzielung größter Festigkeit vorwaltet. Bei Trockenmauerwerk sollen wenigstens die zwei obersten Schichten der Sperre, nämlich die Krone und die darunterliegende Schicht, in Mörtelmauerwerk ausgeführt werden, indem dadurch Beschädigungen eingeschränkt werden. Das Mauerwerk für die Krone und die darunterliegende Schicht kann auch in Zementmörtel gelegt und für die anderen Mauerteile hydraulicher Kalk verwendet werden. Sowohl beim Trockenmauerwerk, als beim Mörtelmauerwerk muß die Kronenschicht sorgfältig behauen und zusammengefügt werden. Von Wichtigkeit ist es, das Mauerwerk sehr sorgfältig mit durchgehendem Verband in den einzelnen Schichten auszuführen und den ganzen Bau sorgfältig und kunstgerecht zu erstellen. Eine gute, energische Bauaufsicht ist zur Erreichung dieses Zweckes unumgänglich notwendig. Besondere Aufmerksamkeit ist auch einer genügenden Höhe der Flügel und deren Rückanlehnung ans Hochbord zu widmen, denn das Umspülen oder Umgehen einer Sperre ist öfters die Ursache ihrer Zerstörung.

Ein weiterer Punkt betrifft dann noch die Gestaltung der Krone, ob diese wagerecht oder schalenförmig auszuführen ist. In der Schweiz werden wagerechte Kronen entschieden bevorzugt. Das darüberströmende Wasser fließt nicht immer an derselben Stelle, wie bei einem schalenförmigen Überfall, infolgedessen ist die Abnutzung der Krone eine geringere, was mit Bezug auf den Unterhalt von Wichtigkeit ist.

Bei starkem Gefälle in den oberen Strecken der Wildbäche kommt man oft in den Fall, sich entscheiden zu müssen, ob man eine ganze Reihe von Sperren treppenförmig übereinander bauen oder der Ersparnis wegen eine Schale anlegen soll. Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß ersteres in weitaus den meisten Fällen technisch das Richtigere ist. Eine Sperre schützt die andere, und die Rückanbindungen stützen die beiden Borde, so daß ein allmähliches Abflachen derselben stattfindet. Erstellt man eine Schale, so kann beim Überfluten derselben, welches nie ganz verhindert werden kann, ein neuer Angriff der Seitenborde stattfinden und wiederum eine Masse von Geschieben in das Hauptrinnsal gebracht werden.

c) Seitenwuhre.

Hat man durch Sperren der Vertiefung der Bachsohle Einhalt getan und diese verbreitert, so handelt es sich darum, die beiderseitigen Borde vor seitlichem Angriffe zu schützen. Dies kann nun auf zweierlei Weise geschehen. Erstens kann man zwischen den Hauptsperren Zwischensperren einschalten, durch welche das Bachbett nach und nach noch mehr gehoben und verbreitert wird. Durch diese Zwischensperren wird der Bachlauf am Unterschweifen verhindert; sie bilden aber auch ein festes Gerippe, welches die beiderseitigen Hänge stützt und dessen natürliche Abflachung begünstigt. Eine andere Bauweise besteht darin, daß man vom Flügel der oberhalb befindlichen Sperre bis zu demjenigen der unterhalb ausgeführten Längswuhre einbaut und so den Fuß der angebrochenen Hänge unmittelbar stützt. Das erstere Verfahren dürfte sich empfehlen, wenn in den Bach sehr viele Abwitterungsstoffe gelangen und die Wassermenge eine nicht zu große ist; das zweite Verfahren ist vorzugsweise bei Bächen mit großem Einzuggebiete und sehr bedeutender Wassermenge anzuwenden.

Die Wuhre können nun aus Stein, Beton, Holz oder Faschinen (Packwerk) gemacht werden. Hat man gutes Gestein, so sind die Uferschutzwerke entweder als Mauern oder als Steinpflasterung auszuführen. Letztere Bauweise ist die gebräuchlichste, bedarf aber einer sehr sorgfältigen Ausführung. Bei Mauern, sei es Trockenmauerwerk, Mörtelmauerwerk oder Beton, muß der Gründung alle Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Uferbekleidungen aus Holz oder Faschinenwuhre sind ihrer Natur nach meist nur einstweilige Anlagen und können, wenn aus ausschlagfähigem Strauchwerk hergestellt und gut unterhalten, längere Zeit gute Dienste leisten. Bei kleinen Bächen können auch Bretter verschiedener Art mit davorgeschlagenen Pfählen und Verankerungen angewendet werden.

d) Entwässerungen.

Bei der Beruhigung angebrochener Hänge spielen Entwässerungsanlagen eine hervorragende Rolle. Man kann zwei

Arten von Entwässerungen unterscheiden: Oberirdische Ableitung der Tagwasser und unterirdisches Sammeln und Ableitung von versickertem Wasser. Die oberflächliche Ableitung geschieht durch Kanäle aus Holz, Stein, Beton oder Eisen von mannigfaltigster Größe und Form. Bei Holz findet man meistens den rechteckigen Querschnitt als Holzkanäle aller Abmessungen; bei Stein ist die trapezförmige Form die gewöhnlichste, auch die eiförmige kommt vor, wenn das abzuleitende Wasser kein Geschiebe und wenig Sand führt. Bei Beton ist die runde Form (Röhren) die gebräuchlichste, doch gibt es auch halbkreisförmige, eiförmige Kanäle usw. Bei Eisen werden beinahe ausschließlich Röhren verwendet.

Das unterirdische Fassen und Ableiten der versickerten Tagwasser und der vorkommenden Wasseradern wird im eigentlichen Sinne des Wortes Entwässerung genannt. Beim Aushub muß der Graben, je nach Beschaffenheit des Bodens, mit einer Böschung versehen oder versprießt werden. Die Sohle ist mit dachziegelförmig aufeinander gelegten Brettern oder mit Steinpflaster zu versichern. Auf den Seiten der Sohlenbretter sind Leisten zu befestigen, damit auf alle Fälle ein Gerinne zum Wasserabfluß geschaffen wird. Auf diese Unterlage kann man nun je nach Umständen entweder Röhren (voll oder durchlöchert), Rundholz, Faschinen oder Steine legen. Darauf kommt eine Lage Rasen, Reisig oder sonst irgendwelche Abdeckung, und schließlich wird der Graben mit Kies oder Erde zugefüllt. Auch eigentliche Drainierungen kann man anwenden, doch dürfen die Gehänge nicht zu steil sein, damit die Drainierungen nicht sofort verschoben werden.

Bei der Anlage der Entwässerungen muß man sich ganz nach dem Gelände richten und womöglich mit den Hauptsträngen den Wasseradern nachgehen. Auch sind dieselben in das Hauptgefälle zu legen und die Seitenstränge schief in den Hauptstrang einzuleiten. Kann die Ableitung des Wassers nicht durch einen einzigen Hauptstrang erreicht werden, so muß dies vermittels Seitensträngen geschehen. Einsteigeschächte sind wo immer möglich am Zusammenkommen von wichtigen Verzweigungen und nicht zu weit voneinander anzulegen, damit eine Überwachung der Wasserführung der Kanäle möglich ist.

e) Schalen.

Hat man im Einzuggebiete der Wildbäche die erforderlichen Sperren erstellt, um das Bachbett von seiner tiefen Lage herauszuheben und ein neues, breiteres Bachbett zu erlangen, sind die Seitenborde durch Zwischensperren oder Längswuhre gesichert, und die notwendigen Entwässerungen ausgeführt, so handelt es sich darum, das Wasser und den Rest der Geschiebe unschädlich in das Hauptgewässer oder in einen See zu leiten. Hierfür ist ein zusammenhängendes Gerinne herzustellen, dessen Sohle und Seitenböschungen befestigt sind.

Wie bei den Entwässerungen im kleinen, so kann man für die Schalen auch in größeren Verhältnissen Stein, Beton, Holz und Faschinen anwenden. Die steinernen Schalen haben zumeist trapezförmige Gestalt. Die Sohle kann entweder gepflastert sein, was bei starkem Gefälle stets der Fall sein muß, oder es werden bei kleinerem Gefälle statt der Schale in die Bachsohle eine Reihe von Überfällen eingebaut. Oft werden auch Ufermauern mit mehr oder weniger Anzug erstellt; diese haben sich besonders bei schwächeren Gefällen als sehr zweckmäßig erwiesen. Bei Beton und Holz sind die Formen ganz ähnliche wie beim Stein, während beim Faschinenbau stets trapezförmige Formen mit tunlichst flacher Böschung angewendet werden müssen. Hierbei muß auch unbedingt darauf gesehen werden, daß zu ihrer Erstellung ausschlagfähiges Holz verwendet werde.

f) Ablagerungsplatz.

Führt das Gerinne in ein anderes größeres Gewässer, so muß oft ein Ablagerungsplatz für die Geschiebe eingeschaltet werden, damit im Hauptfluß keine nachteiligen Anschoppungen stattfinden können. Dieser Ablagerungsplatz ist ein beckenförmiger, von Dämmen umgebener Raum, an dessen unterem Ende ein Abschlußwerk erstellt wird, welches rückstauend wirkt und so die Geschiebe zur Ablagerung bringt. Vom Ablagerungsplatz bis zum Hauptgewässer erstellt man eine Schale oder sonst einen offenen oder geschlossenen Kanal.

g) Wasserableitungen: Felseinschnitte, Tunnel.

Bei der Verbauung des Wildbaches ist es hier und da möglich, eine gründliche Abhilfe der Übelstände durch vollständige Ableitung des Wassers aus dem bestehenden Gerinne in ein ganz neues zu erzielen. Ein durch einen vorspringenden Felsen oder durch einen ganzen Gebirgsrücken getriebener Tunnel leitet den Bach in ein anderes Bachgebiet und entfernt mit einem Male das Wasser von seiner Angriffstelle. Dieses Mittel ist aber nicht immer gefahrlos, da Verstopfungen des Tunnels durch Holz, mitgeführte Baumstämme, Geschiebemassen mit großen Steinen vorkommen können; man muß daher Vorsorge treffen, oberhalb der neuen Ableitung eine sorgfältige Verbauung des Baches auszuführen und durch eine stete Aufsicht darüber zu wachen, daß Stauungen vermieden werden.

Weniger vollständig, aber sicherer, ist die Ableitung durch ein offenes Gerinne, sei es, daß der Bach auf Felsen geleitet wird, sei es, daß ein neues Bett in besserem Boden erstellt werde, welches aber zur größeren Sicherheit noch besonders zu befestigen ist.

Vorkehrungen gegen Lawinen.

Reicht der zu verbauende Wildbach bis ins Gebiet der Lawine hinauf oder stürzen solche regelmäßig in sein Bett ab, so sind die auszuführenden Quer- und Längsbauten dementsprechend auszubilden. Scharf hervorspringende Ecken in demselben sind tunlichst zu vermeiden, so daß die Lawinen nicht anstoßen. Die Flügel der Sperren sind abzurunden, die Kronen sehr sorgfältig auszuführen, auch ist sofort eine einstweilige Hinterfüllung der Sperre anzuordnen. Im übrigen ist hervorzuheben, daß eine treppenförmige Anlage der Sperren, wenn mit Sorgfalt ausgeführt, einen günstigen, zurückhaltenden Einfluß auf die Fortbewegung des Lawinenschnees ausübt. Ein weiterer Vorteil der Verbauung des Bachgerinnes besteht auch darin, daß im Frühjahr die Lawine schneller zum Abschmelzen kommt, indem der Schnee auf den Kronen der Sperren rascher abschmilzt.

Ein weiteres Schutzmittel für einen von Lawinen heimgesuchten Bachlauf ist die Anlage eines möglichst großen Ablagerungsplatzes oberhalb der Verbauung. Wenn die Beschaffenheit des Bodens es gestattet, sollte man nicht ver-

säumen, einen solchen herzustellen, denn durch die plötzliche, starke Ausweitung des Gerinnes wird die Gewalt der Lawine in bedeutendem Maße gebrochen und dadurch zum Stillstande gebracht. Oft kann auch der Lawine eine andere für den Bachlauf weniger gefährliche Richtung gegeben werden, indem durch ein Ablenkungswuhr oder durch einen Felseinschnitt die Lawine an einen andern Ort hingelenkt wird.

Einstweilige Schutzmaßregeln während und nach einem Hochwasser.

Tritt während der Ausführung von Verbauungsarbeiten ein Hochgewitter ein, so ist es zumeist unvermeidlich, daß mehr oder weniger bedeutende Beschädigungen entstehen. Offene Baugruben werden durch die massenhafte Geschiebezufuhr eingedeckt, die Seitenwandungen, ungeachtet der Verspießungen, eingedrückt, Seitenborde durch die Gewalt des Wassers unterspült und zum Einsinken gebracht, frisch aufgeschüttete Dämme angegriffen und weggespült, unfertiges noch nicht erhöhtes Mauerwerk zerstört usw. Gegen ersteres Vorkommnis kann man sich nur schützen, indem man die Baugruben räumlich tunlichst beschränkt und nur teilweise in Angriff nimmt und sofort ausbaut. Dabei sind allfällige Versprießungen in sorgfältigster Weise zu erstellen. Seitenborde und frisch aufgeschüttete Dämme sind durch eingehängte Tannen oder sonstige Bäume, durch Berauhwehrung, angehängte Faschinen oder auch mit Steinen beschwerte, lose Strauchbündel einstweilig zu sichern. Bei Beschädigungen nach einem Hochwasser ist das Einhängen von Bäumen oder Faschinen das sicherste Hilfsmittel. Bei Dämmen ist das Anlegen von Sandsäcken ein sehr wirksames Mittel gegen Durchsickerungen; Faschinen, Bretter und Rasenstücke dienen besonders zu rascher Erhöhung der Dämme behufs Begegnung der Überflutung.

Allgemeine Bemerkungen.

In vorstehendem sind nun in großen Zügen die hauptsächlichsten Erfahrungen zusammengestellt, welche an den zahlreichen in der Schweiz ausgeführten Verbauungen gemacht worden sind. Die nachstehende Kostenzusammenstellung gibt ein Bild der Wichtigkeit dieser Bauten, auch soll an dem beigefügten Beispiele der „Verbauung des Lamm- und des Schwandenbaches bei Brienz" gezeigt werden, in welcher Weise die angegebenen allgemeinen Grundsätze ihre Anwendung gefunden haben.

Verbauung des Lamm- und Schwandenbaches bei Brienz, Kanton Bern.

1. Einzuggebiet.

Der Lammbach und der Schwandenbach entspringen unterhalb dem Grat, welcher sich vom Brienzer-Rothorn (2351 m über Meer) zum Arnihaken (2216 m über Meer), der Hohen Gumm (2137 m über Meer) und dem Arnifirst (2208 m über Meer) hinzieht (Text-Abb. 1). Das Einzuggebiet der Bäche beträgt 4,3 und 3,2 qkm, also für beide zusammen 7,5 qkm. Was den Lammbach anbelangt, so hatte sich vor der Katastrophe von 1896 zuoberst ein Kessel gebildet, dessen Wände mehr oder weniger steil in das eigentliche Bachgerinne herunterreichten. Dann folgte eine mit Geschieben ausgefüllte Schlucht bis zum Schuttkegel herunter, auf welchem der Bach in zwei Gerinnen hinunterfloß, deren westliches auch den Schwandenbach aufnahm und in einer gepflasterten Schale dem Brienzersee zuführte.

Der Schwandenbach fließt in seinem oberen Laufe in kleinem Gerinne über felsigen Boden, in neuerer Zeit kommen unbedeutende seitliche Absetzungen nur westlich oberhalb Brunni und gegen die Giebeleggalp vor. Der Schwandenbach führt deshalb auch wenig Geschiebe. Er erhält diese nur aus den sog. Brüchen, einer Seitennische, welche sich auf der Ostseite von Brunni gebildet hat und in den Jahren 1860, 1867 und 1887 durch bedeutende Nachbrüche größer geworden ist. Im unteren Teile der Schlucht ging der Schwandenbach über großes Gerölle und von da, wie oben erwähnt, in gemeinsamer Schale mit dem Lammbach dem See zu.

2. Geologische Beschaffenheit des Einzuggebietes.

Den Berichten von Dr. E. Kißling und Professor Dr. A. Heim ist folgendes zu entnehmen:

Wie das ganze südliche Gehänge der Rothornkette, so ist auch der im Sammelgebiet des Lammbaches gelegene Teil

Kostenzusammenstellung

der vom Bunde auf Ende des Baujahres 1913 unterhaltenen Verbauungs- und Korrektionsarbeiten.

Flußgebiete	Flußkorrektionen		Bachverbauungen		Entwässerungen		Arbeiten an Seen		Umbau von Brücken		Zusammen	
Gebiet des Vorderrheins	1 476 035	77	421 835	10	—	—	—	—	—	—	1 897 870	87
„ „ Hinterrheins	2 102 404	63	2 055 020	63	72 219	80	—	—	31 718	23	4 261 363	29
„ der Vereinigten Rheine	6 521 145	86	2 775 732	71	—	—	—	—	77 016	75	9 373 895	32
„ des Rheintales bis Bodensee	38 295 200	14	6 600 912	43	718 359	47	125 959	54	—	—	45 740 431	58
„ „ Rheins, Bodensee-Landesgr.	20 256 045	40	2 623 480	17	98 548	38	13 995	39	551 497	54	23 543 566	88
Rheingebiet	68 650 831	80	14 476 981	04	889 127	65	139 954	93	660 232	52	84 817 127	94
Gebiet der Aare	28 795 134	98	14 003 175	54	4 116 209	39	16 347 075	54	270 964	05	63 532 559	50
„ „ Reuß	7 134 406	98	8 985 792	08	191 539	11	962 301	96	66 273	85	17 340 313	98
„ „ Linth	4 518 376	75	6 956 537	84	199 545	88	1 392 758	76	102 597	48	13 169 816	71
Ganzes Rheingebiet	109 098 750	51	44 422 486	50	5 396 422	03	18 842 091	19	1 100 067	90	178 859 818	13
Gebiet der Rhone	17 159 650	79	8 084 563	64	2 371 216	05	2 839 353	57	667 187	25	31 121 971	30
„ des Po (Tessin und Adda)	12 284 283	31	2 714 782	75	19 277	29	—	—	22 425	52	15 040 768	87
„ „ Inn	1 153 355	18	681 453	49	145 416	72	—	—	—	—	1 980 225	39
„ der Etsch	—	—	348 593	53	13 987	25	—	—	—	—	362 580	78
Zusammen	139 696 039	79	56 251 879	91	7 946 319	34	21 681 444	76	1 789 680	67	227 365 364	47

Bemerkung. Die in dieser Zusammenstellung angegebenen Zahlen sind insofern unvollständig, als in ihr die Ausgaben für die Bauten für 1913 nicht enthalten sind, die zur Zeit der Drucklegung (Ende Februar 1914) noch nicht verrechnet waren; verschiedene Rechnungen können überhaupt nicht auf Ende des Kalenderjahres abgeschlossen werden.

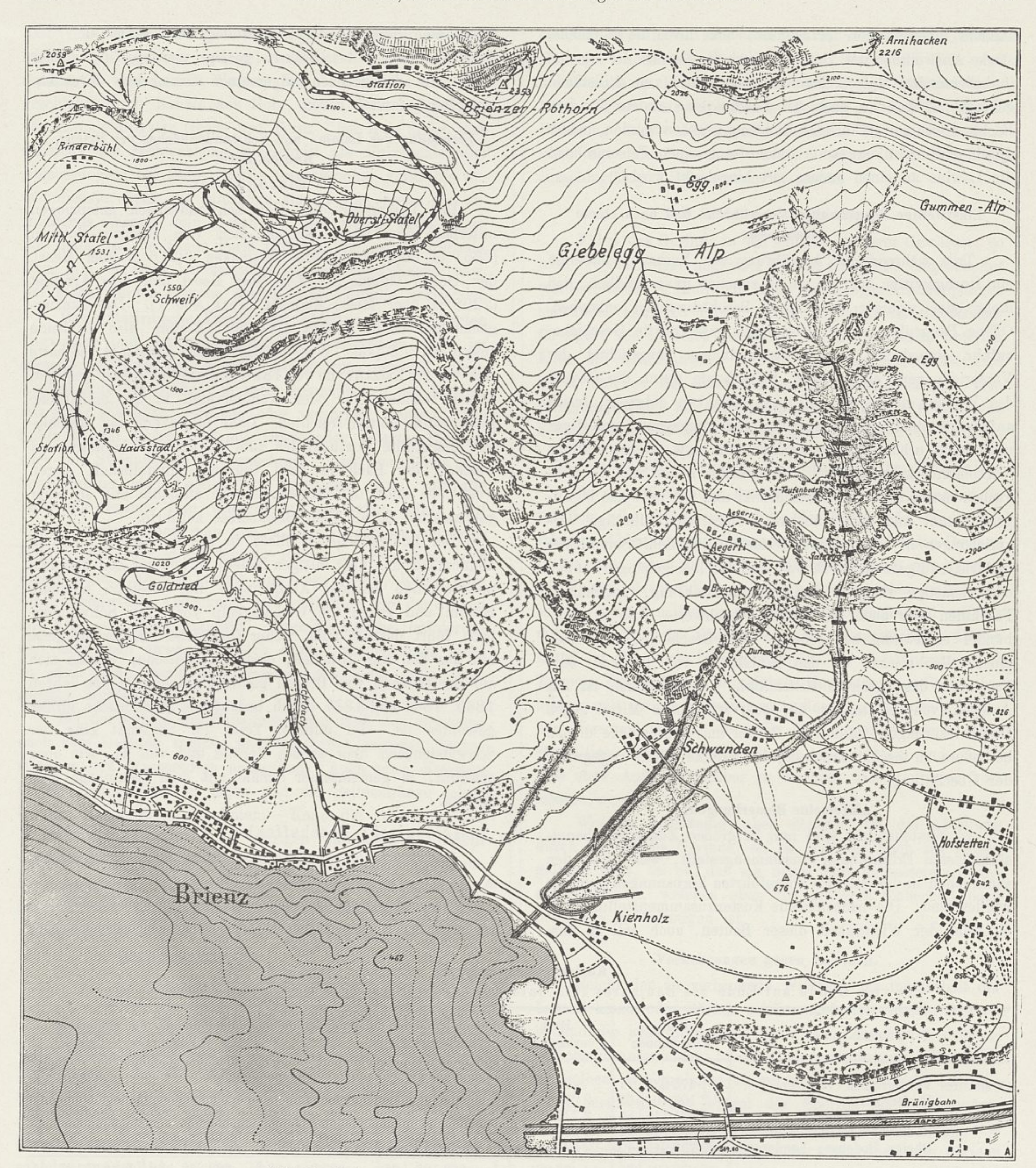


Abb. 1. Verbauung des Lambachtales bei Brienz. Lageplan. 1 : 25 000.

des Gebirges aufgebaut aus den Schichtreihen der unteren Kreideformation. Entweder sind es dünnplattige, rostgelb anwitternde Kalke, oder dann schwarze, mürbe Schiefer, die im allgemeinen ein SSO gerichtetes Gefälle zeigen. Die Schichtflächen sind häufig durchsetzt von Spaltflächen, die das Ablösen des Gesteins in Form von geviertförmigen Stücken ungemein begünstigen. Namentlich ist dies der Fall an den Wänden auf der linken Seite des Grabens, wo die Schichtenköpfe hervortreten und wo sich ausgedehnte Schutthalden am Fuße der Felswände gebildet haben. Stellenweise geht dort während der Tageszeit, besonders im Frühjahr, wenn zeitweilig ein Übergang zwischen Gefrieren und Auffrieren stattfindet, ein eigentlicher Steinhagel nieder. Aus den Schuttmassen ragen stehengebliebene härtere Felsblöcke in Form von Rippen heraus. Aber nur einzelne erstrecken sich hinab bis in das Bett des Wildbaches, der Fuß der anderen ist begraben im aufgehäuften Felsschutte. — Von der erstgenannten ist die oberste Rippe die unter

dem Namen der „blauen Egg“ bezeichnete Stelle (Text-Abb. 1). Diese Rippe ist von großer Bedeutung geworden, weil sie wie ein Riegel das Sammelgebiet des Baches nach unten abschließt und den Geschieben einen verhältnismäßig nur schweren Durchgang gestattet. Diese natürliche Talsperre mag jedenfalls an die 20 m Höhe besessen haben. Das hinter der „blauen Egg“ gelegene Sammelgebiet ist von verschiedenen Wasserläufen durchschnitten, zwischen welchen schmälere oder breitere Rücken stehen geblieben sind. An einem derselben, dem sog. „Rufisatz“, hat der Schlipf stattgefunden. — Die sog. Schwandenfluh besteht in ihrem unteren Teil aus massigen, festen Bänken von oberjurassischem Kalkstein, welcher in steilen Wänden hält und die Ausbildung von Erosions- und Kesselschluchten ohne Nachbrechen der Wände gestattet. Der Schwandenbach stürzt unterhalb Brunni über diese Jurakalkwände hinab. Aber schon bei Brunni setzen die mergeligen, dünnbankigeren Kalk- („Kieselkalk“-) und Mergellager der unteren Kreidebildung („Berrias“ und Neokomschichten) auf.

Diese Gesteine sind, wie dies schon beim Lammbach erwähnt wurde, brüchig, klüftig und enthalten nur selten feste Bänke. Die Grenze zwischen dem festen Jurakalk und den brüchigen und zum Teil mergeligen Kreidegesteinen fällt mit den Schichten parallel gegen Südosten immer tiefer. Der Fußweg von Brunni gegen Oberschwanden bewegt sich nahe auf der Grenze der Gesteine, und hier treten in nasser Zeit eine Anzahl von Quellen über den festen Jurabänken aus dem klüftigen Kreidegestein hervor. Im Spätsommer stehen sie fast ab. Die Felsen linksseitig am Ausgang der Schwandenbachschlucht sind auch noch fester Jurakalk. Das Gehänge darüber gegen Durre, gegen die Brüche und Ägerti liegen in den brüchigen Kreidegebilden.

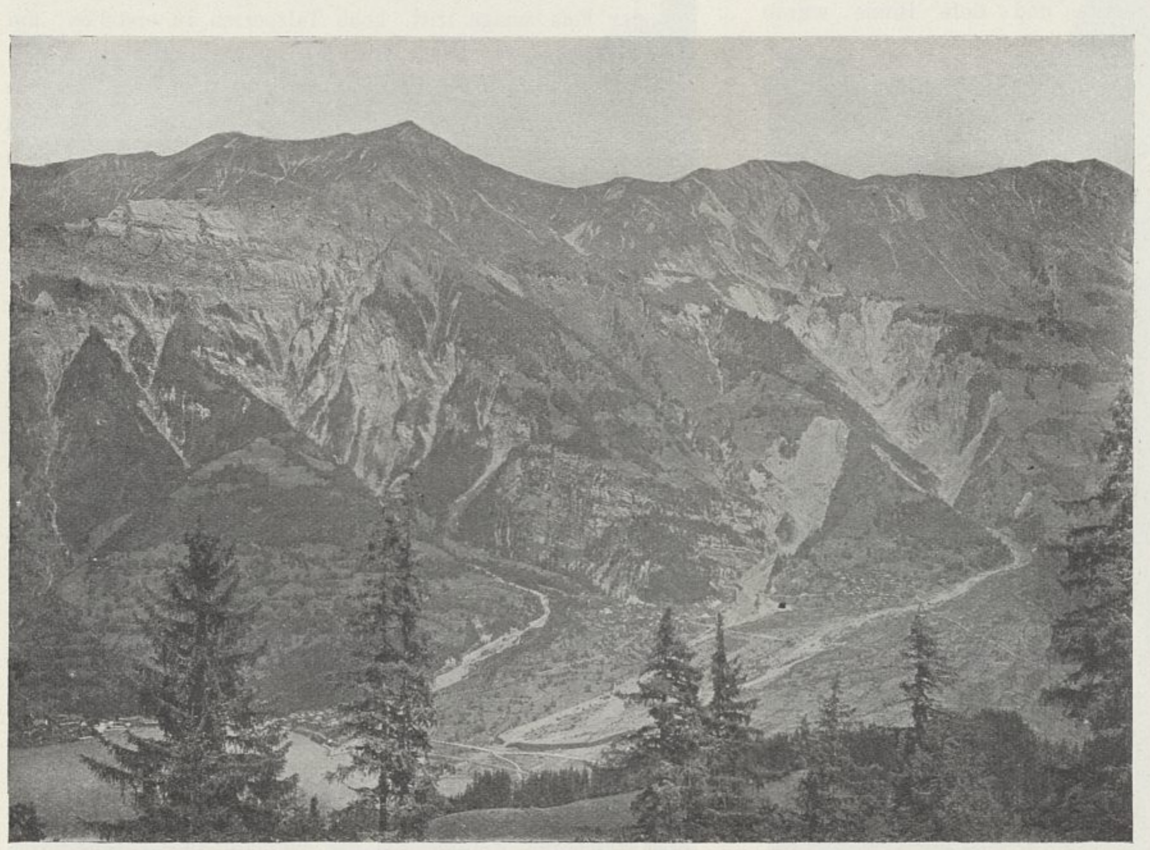


Abb. 2. Lammbach bei Brienz. Ansicht.

3. Geschichtliches.

Nach der Mitteilung von Prof. Dr. C. Schmidt in Basel „Der Murgang des Lammbaches bei Brienz“ findet sich auf den Schweizerkarten des 17. und 18. Jahrhunderts am oberen Ende des Brienzersees neben Brienz selbst eine zweite größere Ortschaft „Kienholz“ verzeichnet.

Von einer gewaltigen Katastrophe wird aus dem Jahre 1499 gemeldet. Das große Dorf Kienholz samt dem Schlosse Kien wurde damals durch eine Lammbachmure 10 m hoch mit Steinen und Schlamm überschüttet, und lange Zeit bezeichneten nur dürftige Hütten die Stätte, wo es gelegen. Der Brienzersee, der sich vorher bis hart an den Ballenberg erstreckt haben soll, wurde nun mehrere hundert Meter niederwärts gedrängt.

In Kienholz wurde im Jahre 1353 der Bund zwischen Bern und den vier Waldkantonen beschworen, und lange Zeit blieb Kienholz der übliche Versammlungsort der Berner und der Urschweizer.

Im Jahre 1797 brachen Lamm-, Schwanden- und Glyssibach gleichzeitig aus. Mehrere Häuser von Unterschwanden mußten geräumt und nach Oberschwanden versetzt werden.

Während in früheren Zeiten die Lammbachmure häufiger gegen Osten, d. h. gegen Hofstetten sich ausleerte, wird sie gegenwärtig meist nach Westen in das Gebiet von Schwanden hinübergedrängt, jener Gemeinde, welche schon durch einen eigenen Wildbach, den Schwandenbach, und außerdem durch Bergstürze bedroht ist, so daß schon zu verschiedenen Malen, neuerdings im Jahre 1891, ein Teil des Dorfes versetzt werden mußte. In den Jahren 1874 und 1894 haben sich größere Lammbachmuren gegen Unterschwanden hin ergossen.

4. Katastrophen im Jahre 1896.

Die Entstehung des ersten Murganges wird in dem geologischen Berichte vom 22. Juni 1896 von Dr. E. Kißling folgendermaßen angegeben.

„Von der Gummenalp her zieht sich steil abwärts in das Lammbachtobel eine im oberen Teil bewaldete Rippe, der Rufisatz genannt. An ihrem Ende löste sich am 26. Mai 1896 (nach anderen Angaben erst am 28.) eine bedeutende Masse los und rutschte in die Mulde hinter der ‚blauen Egg‘, diese selbst zum größten Teile zudeckend.

Die Bewegung war ein Abgleiten (kein Sturz), so daß der Fuß der sich loslösenden Masse an die gegenüberliegende rechte Talwand hinaufgeschoben wurde, während die Decke

samt ihrer Vegetation an den Fuß der Abbruchwand zu liegen kam. Offenbar war das Abgleiten ein allmähliches, denn von den mitgenommenen Tannen standen noch einzelne aufrecht und waren von glatter Moospolitur umgeben, wie wenn sie noch an ihrer ursprünglichen Stelle geblieben wären. Durch den Schlipf am Beginn des Sammelkanals wurde dem Lammbach der Weg verlegt und das Wasser zu einem See gestaut. Wie nun sein Spiegel bis zur Höhe des sperrenden Schuttriegels gestiegen war, fand die Entleerung statt. Eine breite und tiefe Rinne wurde ausgerissen.

Das durch den Absturz der ‚blauen Egg' bedingte starke Gefälle rief eine außerordentlich intensive Erosionstätigkeit des mit großer Gewalt ausfließenden Wassers hervor. Ein Stück der an der ‚blauen Egg' liegenden Trümmermasse wurde weggeführt und dadurch eine große Vertiefung erzeugt.

Mit elementarer Gewalt stürzte nun der Schlamm ins Tobel des Lammbaches hinab und erzeugte dort den unheilvollen Murgang, indem der größte Teil des Materials desselben aus dem eigentlichen Sammelkessel stammt, in den der Wildbach am 31. Mai sein Bett um wenigstens 6 m tiefer in die Schuttmassen einschnitt. Infolgedessen sind zu steile Böschungen entstanden, die Schuttgehänge müssen daher in das Bachtobel herabgleiten, bis die normale Böschung wiederhergestellt ist."

Nach der darauffolgenden andauernden Regenzeit änderten sich dann die Verhältnisse im Sammelkessel in besorgniserregender Weise, worüber in einem weiteren geologischen Berichte vom 9. September 1896 nachstehendes gesagt wird:

„Der Schlipf an der ‚blauen Egg' liegt zwar noch zum größten Teil festgehalten. Durch die großen Niederschläge der letzten Zeit aber wurde dort ein gutes Stück mit fortgerissen. Geradezu erstaunlich ist sodann die Erosionstätigkeit des Wildbaches in der Sohle des Tobels. Am Ausgang bei der alten Talsperre (welche in den Jahren 1872 bis 1874 mit einem Kostenaufwande von 12 600 Franken zweimal erstellt worden war), von der übrigens nur noch einige Reste zu erkennen sind, hat er sich nicht weniger als 26,5 m in sein früheres Schuttbett eingeschnitten. Durch das tiefe Einschneiden ist der Gleichgewichtszustand der beiden Schutthalden zu beiden Seiten des ganzen Sammelkanals zerstört worden. Beständig rutschen größere und kleinere Partien des Steilufers nach. Die Bewegung greift hinauf in die oberen Partien der Gehänge. Unter donnerndem Gepolter lösen sich hier und dort ganze große Schuttmassen los, gleiten hinab ins Bachbett, versperren dem Bach seinen Weg und drängen ihn auf die andere Seite, bis er sich Platz geschafft und einen Teil des hindernden Materials als Murgang fortschafft. So wird der niedergegangene Schutt, wenn er genügend durchnäßt ist, periodisch dem Tobelausgang zugeführt und so häuft sich im Sammelkanal beständig Material zu neuen Murgängen an."

Im letzten geologischen Berichte vom 19. September 1896 wird die fortschreitende Veränderung im Lammbachtobel aufs neue festgestellt und dabei die verschiedenen Stellen angegeben, wo Felsriegel sichtbar werden und aufs neue die außerordentliche Beweglichkeit des Materials in der Sohle hervorgehoben.

5. Beschreibung des Entwurfes.

Auf diesen Bericht hin wurde nun beschlossen, mit der Anhandnahme der Arbeiten, welche die Sohle festlegen sollten, sofort zu beginnen und zunächst zwei Sperren im Sammelkanal beim ersten Felsriegel, sowie unterhalb an einer Stelle, wo der Fels ebenfalls zutage tritt, auszuführen. Der ganze Bachlauf wurde außerdem aufgenommen und ein allgemeiner Entwurf ausgearbeitet. Die leitenden Grundsätze waren hierbei folgende: Im Sammelkanal sind zuerst an denjenigen Stellen, wo der Fels zutage tritt, hohe Talsperren zu erstellen, um die Bachsohle zu heben und den beiderseitig angerissenen Hängen wieder festen Fuß zu geben. Dann sollte bei der „blauen Egg" die dortige Ablagerung endgültig festgelegt und die steile Stelle unterhalb durch eine flache Schale befestigt werden.

Nach erfolgter Hinterfüllung der Sperren beabsichtigte man Zwischensperren einzubauen, um das zu starke Gefälle noch mehr zu brechen. Endlich sollte noch auf der untersten Strecke der Versuch gemacht werden, mittels Schindlerscher Verpfählung eine noch ausgiebigere Aufhöhung der Bachsohle zu erlangen und tunlichst viel Geschiebe zur Ablagerung zu bringen.

Oberhalb der „blauen Egg" wurde die Verbauung der zahlreichen Seitenrunsen vorgesehen, um die Geschiebezufuhr zu vermindern. Von der untersten Sperre abwärts wurde im dortigen Abfuhrkanal eine durchgehende Versicherung mittels kleiner Sohleinbauten bis in den Ablagerungsplatz hinunter in Aussicht genommen. Der Ablagerungsplatz selbst sollte durch einen starken Damm begrenzt und damit das umliegende Land vor weiterer Überführung geschützt werden. Hier würde ebenfalls durch Pfahlreihen mit Faschinengehängen nach Schindlerscher Bauart die Leistungsfähigkeit des Ablagerungsplatzes erhöht und tunlichst viele Geschiebe zurückgehalten werden, bis die oberhalb ausgeführten Verbauungen und Aufforstungen die gewünschte Wirkung gehabt hätten. Als unterer Abschluß des Ablagerungsplatzes war ein Überfall vorgesehen, von welchem aus eine starke gepflasterte Schale bis zum Brienzersee hinuntergehen sollte.

Im Schwandenbach waren drei größere und fünf kleinere Sperren in Aussicht genommen, sowie Eindämmungen auf dem Schuttkegel, im Anschlusse an diejenigen des Lammbaches. Im ferneren war die Fassung und Ableitung der Quellen in den Brüchen geplant, nebst Entwässerungen und Verlegung des Bachbettes.

6. Kostenvoranschläge.

Verbauung des Lammbaches . . .	730 000 Franken,
„ „ Schwandenbaches . .	80 000 „
	810 000 Franken.

7. Besprechung des Entwurfes.

Auf Wunsch der Kommissionen der eidgen. Räte wurde Dr. A. Heim, Professor der Geologie auf der eidgen. Technischen Hochschule in Zürich ersucht, ein Gutachten über die geologische Beschaffenheit des Geländes des Lamm- und Schwandenbaches, sowie über den von der Regierung des Kantons Bern eingereichten Entwurf abzugeben.

Was die geologischen Verhältnisse anbelangt, so bestätigte dieses Gutachten die von Dr. Kißling ausgesprochenen An-

sichten. In betreff des Entwurfes erklärte sich Professor Heim mit den Grundgedanken desselben einverstanden, regte aber folgende Abänderungen an:

1. Erstellung einer durchlässigen Begrenzung des Ablagerungsplatzes durch Faschinenstaudämme mit Pfahlreihen oder schwächere Faschinenstauwehre, anstatt der mit Steinverkleidung versehenen Erddämme.

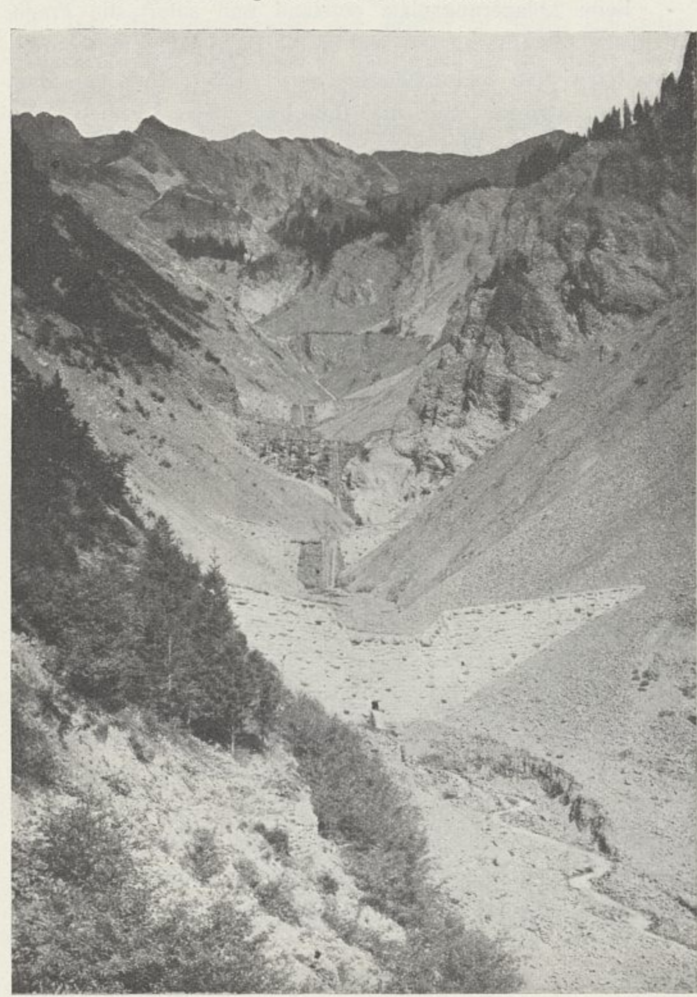


Abb. 3. Blick von der Satzegg aufwärts.

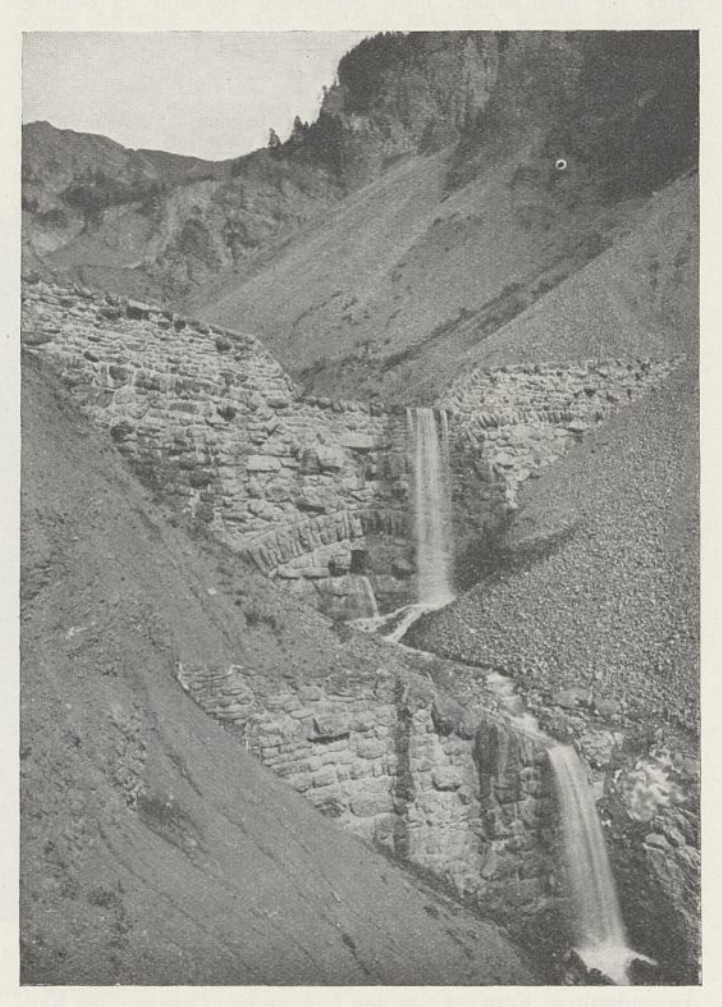


Abb. 4. Sperre 1e und 2.

Lammbach bei Brienz.

2. Vertiefung des zutage tretenden Felsriegels unterhalb des Sammelkanals.
3. Erprobung der Schindlerschen Pfahlbauweise anstatt der Erstellung hoher Sperren.
4. Vorschlag, steinerne Sperren durch solche aus Eisen, mit Mauerwerk oder Beton ausgefüllt, zu ersetzen.
5. Bei der Ausführung der Sperren sind die Auflandungen kräftig zu entwässern, damit sie eine steilere Böschung annehmen und fester aufliegen können, als wenn schlammhaltiger Boden zur Auflandung gebracht wird.

Mit Bezug auf das Schwandenbachgebiet machte Professor Heim noch besonders auf die Gefahr ganz großer Abstürze aufmerksam und bezeichnete Entwässerungen als einzig anzuwendendes Mittel hiergegen. Er warnte davor, unterhalb der Brücke über den Schwandenbach Bauten auszuführen.

Was die Schindlersche Bauweise anbelangt, so besteht das Eigenartige derselben darin, daß an Stelle großer Sperrbauten zahlreiche niedrige Pfahlreihen ausgeführt würden, wodurch eine Ablagerung der Geschiebemassen nicht mittels großer Abstürze und daher bedeutender Gefällverminderung, sondern durch Zerteilung dieser Geschiebemassen herbeigeführt würde.

8. Forstliche Verhältnisse.

Von dem ganzen Gebiet des Lammbaches, ohne Schuttkegel auf 2,82 qkm gewertet, sind kaum 5 vH. bewaldet. Der oberste Teil des Sammelgebietes umfaßt die Alp Giebelegg, die in steter Verwilderung begriffen ist, weil durch Abholzung, durch stetes unvernünftiges Wildheuen und durch allzu starken Weidegang der Ruin desselben heraufbeschworen wird. Einen weiteren kleineren Teil des Sammelgebietes des Lammbaches bildet die Alp Gummen; der größte Teil liegt im Einzuggebiet des Eistlenbaches.

Die Alp Giebelegg hat höchstens 8 Hektar Wald, die Alp Gummen etwa 15 Hektar, erstere befindet sich im untersten Teile auf einer Höhe von 1200 bis 1400 m.

Die forstlichen Organe des Kantons beantragten nun:

1. Der Staat Bern solle die Alp Giebelegg auf dem Wege der Enteignung erwerben. Diese würde dann aufgeforstet, die Wirkung großer bewaldeter Flächen würde nicht ausbleiben.

2. Die Pflege und der Schutz der bestehenden und der zu schaffenden Waldungen sei einer besonderen Aufsicht zu unterstellen.

9. Aufforstungspläne.

Den Berichten des eidgen. Oberforstinspektorates ist zu entnehmen, daß sowohl im Gebiete des Lammbaches als in

demjenigen des Schwandenbaches Aufforstungen und Verbaue dringend notwendig sind. Die obersten Teile dieses Gebietes in beiden Bächen sind äußerst steil, gänzlich unbewaldet und von zahlreichen kleinen Runsen durchzogen. Infolge der großen Steilheit lösen sich daselbst alljährlich größere und kleinere Grundlawinen los, wodurch eine Verbauung und Aufforstung dieses Geländes sehr erschwert wird. Da weder Holz für Pfahlreihen, noch geeigneter Baustoff zu Schneemauern vorhanden ist, so wurde in Aussicht genommen, diese Bauten je nach Beschaffenheit des Geländes durch Erd- oder Felsstufen von etwa 1 m Breite zu ersetzen, die durchschnittlich auf 3 m Höhenabstand zu erstellen wären. Ein sorgfältig angelegtes Wegnetz wird die Ausführung dieser Arbeiten, sowie die Verbauung der kleinen Runsen mittels Sohleinbauten und die nachherigen Aufforstungen erleichtern.

Was die Aufforstungen anbetrifft, so sollen auf 1 Hektar 8100 Pflanzen verwendet werden, hiervon wären etwa 35 vH. Fichten, 22 vH. Arven, 16 vH. Erlen, 12 vH. Lärchen, 3 vH. Bergkiefern und 7 vH. Weymuthkiefern, Buchen und Laubhölzer. In den zur Ruhe gekommenen Bodenschichten würden zuerst Erlen gepflanzt.

Beim Lammbach erstrecken sich die Aufforstungen auf 135 Hektar, die Kosten hierfür belaufen sich auf 220 000 Franken, hiervon kommen auf Aufforstungen 82 000 Franken und auf Verbauungen 138 000 Franken.

Beim Schwandenbach sind 80 Hektar aufzuforsten; die Kosten hierfür belaufen sich auf 260 000 Franken, hiervon fallen auf Aufforstungen 100 000 Franken, auf Lawinenverbauungen 108 000 Franken und auf Wegeanlagen, Unterkunftsräume usw. 52 000 Franken.

Als Frist für die Vollendung der Aufforstungen am Lammbach ist das Jahr 1915, für diejenigen am Schwandenbach das Jahr 1920 in Aussicht genommen.

10. Ausführung der Arbeiten.

Nach Kenntnisnahme dieser verschiedenen Gutachten ist der endgültige Entwurf von den technischen Organen des Kantons Bern unter Mitwirkung des eidgen. Oberbauinspektorates und mit dessen Einverständnis aufgestellt und in den Grundzügen unverändert ausgeführt worden (Text-Abb. 3 bis 5 und Bl. 29).

Bei dem Augenschein der Kommission der eidgen. Räte wurden die verschiedenen Bauweisen einläßlich besprochen. Im oberen Gebiete wurde grundsätzlich festgestellt, daß die deutlich zutage tretenden Felsriegel dazu benutzt werden sollten, um an diesen günstigen Stellen hohe Talsperren zu bauen, durch welche das Bachbett daselbst festgelegt und mit einem Male erhöht würde. Dabei wurde der Wunsch ausgesprochen, daß mit der Schindlerschen Bauweise Versuche angestellt werden möchten, sowohl im oberen Gebiete, als auch auf dem Ablagerungsplatze.

Nach Beendigung der ersten Notarbeiten auf dem Schuttkegel und an Straßen und Eisenbahn ist dann im Spätherbste 1896 mit dem Bau der untersten Sperre am Ausgange der eigentlichen Lammbachschlucht begonnen worden (Bl. 29). Zu ihrem Schutze wurde oberhalb eine Holzsperre aufgeführt, welche etwas Geschiebe zurückhalten und die Ausgrabung für die Gründung der Holzsperre sichern sollte. Die Arbeiten wurden dank günstiger Witterung kräftig gefördert und beinahe den ganzen Winter hindurch fortgesetzt. Im Frühjahr 1907 stand bereits eine starke Talsperre da, welche den Fuß der ganzen Verbauung sicherte.

Im Ablaufkanal war an der Stelle, an welcher der Fels zutage trat, eine Seitenmauer am rechten Ufer erstellt worden, eine weitere Sicherung dieser Felsstufe wurde zurzeit als nicht dringlich erachtet.

Beim Ablagerungsplatz entstand nun sofort die Frage, ob dieser auszuführen sei, und ob die Begrenzung eine durchlässig oder eine undurchlässige sein solle. Man entschied sich für letztere, weil die Bewohner von Kienholz, die Straße und die Eisenbahn gegen allfälliges Durchfließen von Wasser auch schon im ersten Bauabschnitt gesichert sein wollten. Immerhin bestand die Meinung, daß im Innern des Ablagerungsplatzes mittels durchlässiger Zwischendämme eine möglichste Zurückhaltung der Geschiebe veranlaßt werden solle, daß das Wasser aber über einen Überfall in den See hinaus zu leiten sei. Die Umfassungsdämme wurden sofort in Angriff genommen und tüchtig gefördert. Vorher war auch ein Versuch mit den Schindlerschen Faschinendämmen gemacht worden, welche Arbeiten vom Erfinder selbst geleitet worden waren. Die Durchführung einer vollständigen Anlage daselbst scheiterte aber an Mißverständnissen unter den Beteiligten. An der „blauen Egg“ war gleichzeitig auch eine kleine Sperre mit einem unterhalb befindlichen Stück Schale angelegt worden, um einer allfälligen Vertiefung der Abflußschwelle vorzubeugen.

Alsdann wurde am zweiten Felsriegel, der sog. „Satzegg“, eine weitere hohe Talsperre in Angriff genommen (Bl. 29). Da der Fels nicht überall gleich widerstandsfähig war, wurde unten ein starkes Gewölbe ausgeführt und darüber erst an beide Hänge anschließend Mauerwerk erstellt. Unter Beibehaltung einer gemauerten Durchlaßöffnung wurde dann der Raum zwischen Gewölbe und Grundwerk und beiden Seiten mit Mörtelmauerwerk ausgefüllt. Um eine möglichst trockene Hinterfüllung zu erhalten, wurde der Anregung von Prof. Dr. Heim entsprechend eine Drainierung hinter der Sperre erstellt und mit aufgebeugten Steinen bedeckt, so daß ein Durchfließen des Sickerwassers erfolgen konnte, bis zur vollständigen Ausbildung des Gefälles von einer Sperre zur andern.

Nach Erstellung der Sperre am zweiten Felsriegel an der sog. „Satzegg“ wurde nun eine noch höhere Sperre in der „Engi“ in Angriff genommen und im Jahre 1898 zu bedeutendem Teile ausgeführt (Bl. 29). Zwischen der ersten und zweiten Sperre sind dann auch Versuche mit Pfählen gemacht und vom Bauführer der Lammbachverbauung 28 Pfahlgürtel erstellt worden, welche aus drei bis vier hintereinander, schachbrettförmig angeordneten Pfahlreihen bestanden.

Nach erfolgter Ausführung fand ein außerordentlich heftiges Hochgewitter statt, welches die meisten dieser Pfahlgürtel zerstörte, die Umfassungsdämme des Ablagerungsplatzes überflutete und eine zwar glücklicherweise nur kurzdauernde Unterbrechung der Straßen- und Eisenbahnverbindung bewirkte. Die Masse des heruntergekommenen Geschiebes wurde schätzungsweise zu 172 000 cbm bestimmt.

Die Zerstörung der Pfahlgürtel ist leicht verständlich, fand doch am oberen Ende der Strecke zwischen Sperre 1 und 2 eine Vertiefung von nahezu 12 m statt, die also weit unter die Spitze der längsten Pfähle reichte und deren

Wegfegen erklärt. Gegen eine so tief hinuntergreifende Zerstörung sind Bauten, welcher Art sie auch sein mögen, meist ohnmächtig; dagegen helfen nur Arbeiten, welche die Entstehung eines solchen Murganges unmöglich machen oder wenigstens sehr stark abschwächen, also nur folgerichtig bis hinauf in die oberen Verzweigungen ausgeführte Verbauungen, Entwässerungen und Aufforstungen.

Der Hauptunterschied der beiden in Rede stehenden Bauweisen liegt ohne Zweifel darin, daß bei der ersten durch die Erstellung der Sperren das Gefäll gebrochen und daher die Gewalt des Wassers vermindert wird, wobei diese Wirkung durch die Verbreiterung des Querschnittes und der damit verbundenen geringeren Wasserhöhe im Durchflußquerschnitt noch unterstützt wird. Bei den Pfahlgürteln soll die Gewalt des Wassers durch Verteilung gebrochen werden, was sowohl durch die Anwendung einer größeren Zahl solcher Pfahlgürtel, als durch die hierbei erreichte Verbreiterung erzielt wird. Hingegen findet keine so bedeutende Verminderung des Gefälles statt, und darin liegt die Gefahr dieser Bauweise. Kann von einem Gürtel zum andern oder überhaupt eine tiefgehende Einsenkung der Bachsohle stattfinden, so daß dieselbe weit unter die Pfahlspitzen hinunterreicht, so widerstehen die Pfähle nicht, und es tritt Zerstörung ein. Da wo, wie beim Niederurner-Dorfbach, die in Betracht kommende Wassermenge klein und die Widerstandsfähigkeit der Einbauten (dort der Flechtzäune) in ihrer Gesamtheit groß genug ist, hat man sehr gute Ergebnisse erzielt, was beim Lammbach, im oberen Gebiete wenigstens, in der ersten Bauzeit nicht stattfinden konnte, weil noch mit großen Murgängen zu rechnen war.



Abb. 5. Sperre 5 und Schale.
Lammbach bei Brienz.

In der Alp Gummen wurde noch im gleichen Jahre eine sehr wirksame Wasserableitung erstellt und eine festere Rinne als Ablaufkanal für die ausgeführte Entwässerung benutzt.

Am Schwandenbache wurde nur ein Weg gebaut und Kies für die Entwässerungen oberhalb der Brüche und im Teufenboden gerüstet. — Am Ablagerungsplatze erhöhte man die Umfassungsdämme, erstellte zwei große Querdämme, welche das Wasser gegen den Überfall hin leiten sollten, und begann mit der Verbesserung der Staatsstraße und dem Heben der ganzen Eisenbahnlinie.

Im dritten Baujahre 1899 vollendete man unten den Ablagerungsplatz, den Überfall und die Verbesserung der Staatsstraße und der Eisenbahn. Im oberen Gebiete beendigte man die große Engisperre, erhöhte die Sperre Nr. 1 und begann mit dem Bau der Zwischensperren. Im Schwandenbach führte man die Entwässerung des Teufenbodens durch, mittels eines durchgehenden Stollens und Einsteigschächten. Der Erfolg dieser Arbeiten war aber nur ein mäßiger, indem nur ganz geringe stetig fließende Wasseradern in den Stollen eingeleitet werden konnten. Desgleichen wurde auch die offene Entwässerung oberhalb der Ägertispalte mittels Zementröhren, Steinfüllungen und Schächten begonnen.

Im Jahre 1900 wurden am Ablagerungsplatze Eindämmungen längs dem Schwandenbache ausgeführt und der Damm daselbst verbreitert. Im oberen Gebiete des Lammbaches setzte man den Bau von Zwischensperren fort und vollendete am Schwandenbach die Wasserableitung oberhalb der Ägertispalte.

Im Jahre 1901 fand eine gewaltige Ablösung in den Brüchen des Schwandenbaches statt, die Schuttmassen überdeckten den obersten Teil des Ablagerungsplatzes, überschritten den Umfassungsdamm daselbst und bedeckten kleinere Teile Kulturlandes, sowohl gegen Unter- als gegen Oberschwanden hin, richteten im ganzen aber wenig Schaden an. Gegen die Wiederholung ähnlicher Vorgänge ergriff man sogleich weitere Vorsichtsmaßregeln.

So ist im Jahre 1902 der obere Teil des Ablagerungsplatzes erweitert und am Ausgang der Schlucht rechtsseits ein hoher, schiefer Sporren eingebaut worden. Die Umfassungsdämme wurden erhöht. Im Lammbache wurde eine hohe Sperre unterhalb der „blauen Egg" ausgeführt, nebst verschiedenen Wasserableitungen.

Da die erstmals bewilligte Beihilfe erschöpft war, wurde eine neue im Betrage von 100000 Franken bewilligt, um die angefangenen Bauten ohne Unterbrechung fortsetzen zu können.

Im Jahre 1903 wurde die Erhöhung der Eisenbahn und der Staatsstraße vollständig beendigt und eine Reihe von Sporren längs dem Uferdamm, Seite Unterschwanden, erstellt. Im Lammbach wurden in den unteren Teilen Zwischensperren ausgeführt, am „blauen Egg" die große Sperre gänzlich beendigt und eine neue als Fuß der Schale begonnen.

Im Jahre 1904 wurde unterhalb der „blauen Egg“ die Sperre erhöht und die Schale beinahe fertig erstellt. Im weiteren ist dann ein neuer vollständiger Verbauungsentwurf für den Schwandenbach und den Lammbach aufgestellt worden, welcher folgende Ergänzungsbauten vorsah:

A. Schwandenbach.

a) Erstellung eines hohen starken Dammes zum Schutze der nächstliegenden Gebäude von Unterschwanden;
b) Erhöhung der Umfassungsdämme des Ablagerungsplatzes;
c) Verbauungen und Entwässerungen in den Brüchen, und
d) je nach Bedürfnis Veränderung der Wege, Wasserleitungen usw.

B. Lammbach.

a) Allmähliche, soweit tunliche Erhöhung der bestehenden Sperren;
b) Erstellung von Zwischensperren;
c) Ausführung von Sperren in den Runsen oberhalb der „blauen Egg“.

Der Kostenvoranschlag für diese Bauten wurde wie folgt festgesetzt:

a) Verbauungen am Schwandenbach .	278 000 Franken,
b) Ausbau im Lammbach	275 000 „
c) Verschiedenes und Unvorhergesehenes	47 000 „
Summe	600 000 Franken.

Im Jahre 1905 wurde im Lammbach die Sperre Nr. 4 erhöht und der Schalenkopf bei der „blauen Egg“ samt Seitenmauern erstellt (Bl. 29). Im Schwandenbach ist nicht gearbeitet worden.

Im Jahre 1906 führte man im Lammbach eine Zwischensperre Nr. 4a aus nebst einer Seitenschale; die Hauptarbeiten entfallen jedoch auf den Schwandenbach, wo ein großer Damm zum Schutze von Unterschwanden und Entwässerungen in den Brüchen erstellt wurden, sowie die Erhöhung der Straßenbrücke bei Unterschwanden.

In den Jahren 1907 und 1908 wurden die Schutzdämme am Ablagerungsplatze erhöht und die nach Kienholz führende Straße samt Brücke verlegt. Im ferneren erhöhte man die Sperre Nr. 1, führte eine neue Zwischensperre zwischen 3 und 4 aus, auch setzte man die Bauten an der Sperre 4a fort und begann mit der Gründung einer Zwischensperre zwischen 2 und 3 (Bl. 29).

Im Jahre 1909 wurde im Lammbach an den Sperren 2, 2a und 2b und im Alpbögli oberhalb der „blauen Egg“ gearbeitet. Im Schwandenbach sind die Entwässerungen in den Brüchen gefördert und am Fuße der großen Rutschung mit den Grundarbeiten für eine hohe und breite Sperre begonnen worden.

Im Jahre 1910 wurde hauptsächlich im Schwandenbach gebaut. Die Versicherungsbauten in den Brüchen und die Erstellung der großen Sperre daselbst schritten tüchtig vorwärts. Am Lammbach ist an den Zwischensperren 2b, 2c und 4a gearbeitet worden.

In den Jahren 1911 und 1912 sind die Arbeiten an beiden Bächen kräftig gefördert worden. Im Schwandenbach besserte man die Leitungsschächte in den Brüchen aus und beendigte die große Sperre und eine zweite kleinere Sperre. Auf dem Ablagerungsplatze wurden die Schutzdämme erhöht. Im Lammbach wurde die Sperre 4a vollendet, die Sperre 7 und die Abschlußdämme auf der blauen Egg erhöht und oberhalb derselben eine weitere Sperre im Abbruchgebiet angefangen (Bl. 29).

Bei der Ausführung der Sperren wurde der Grundaushub zuerst von Hand ausgehoben. Im weiteren Verlauf der Arbeiten ist aber bei der Schneeschmelze das Wasser mit seiner abschwemmenden Wirkung zunutze gezogen worden, indem unterhalb der Baugrube ein Kanal ausgehoben und dann mittels Brettern sowie hölzerner Kanäle das Wasser zusammengedrängt wurde, welches so den etwas gelockerten Boden abtrieb. Dieses Verfahren hat bedeutende Kostenverminderungen zur Folge gehabt.

Günstiges Gestein konnte auf der ganzen Strecke von oberhalb der blauen Egg bis zum Ablagerungsplatz von den beidseitigen Felswänden bezogen werden; bei der blauen Egg und unterhalb zuerst von der rechten, später von der linken Bachseite bei den unterhalb liegenden Sperren zumeist von letzterer. An vielen Stellen konnten die Steine von der Bruchstelle unmittelbar zur Aufmauerung der Sperren verwendet werden, manchmal mußten aber weit oben große Minen geladen werden, welche dann eine Menge Steine lieferten. Diese wurden auf Schlitten geladen und bis zu einer steilen Stelle, die mit Schutt bedeckt war, heruntergeführt. Hier befand sich am Ende ein Holz, an welches der Schlitten anlief und die Steine über die obengenannte steile Auflandung herunterwarf; am Fuße derselben wurden sie wieder auf Schlitten geladen und von dort zur Aufmauerung der Sperren verwendet. Die Steinschlitten waren mit einem Spureisen beschlagen und liefen auf Schienen, so daß diese Gleitbahn zur Förderung auf kleineren wie auf größeren Gefällen benutzt werden konnte, was bei Rollbahnen nicht möglich gewesen wäre. Der große Vorteil dieser Vorrichtungen besteht auch in einem schnellen Auf- und Abladen. Um die Reibungen auf den Schienen und demgemäß ihre Abnutzung zu vermindern, sowie den Beschlag der Kufen an den Schlitten zu schonen, wurden die Schienen von Zeit zu Zeit mit Öl bestrichen, was eine schnellere Förderung bewirkte.

Die Kosten der Arbeiten im Lamm- und Schwandenbach belaufen sich anfangs des Jahres 1913 auf 1388449,50 Fr. Hiervon entfallen auf den Schwandenbach 270459,75 Franken und auf den Lammbach 1117989,75 Franken.

Auf die einzelnen Bauten verteilen sich die Kosten wie folgt:

Kosten der einzelnen Bauten (Kosten bis Ende 1913).

Überfall und Ableitung in den See (gemauerte Schale)		175 873,55 Franken
Ablagerungsplatz einschl. Straßen- und Bahnverlegung		147 925,35 „
Arbeiten auf dem Schuttkegel . . .		4 821,— „
		328 619,90 Franken
Sperre Nr. 1 .	68 380,75 Franken	
„ „ 2 .	81 508,85 „	
„ „ 2a .	26 707,— „	
„ „ 2b .	22 638,— „	
„ „ 2c .	8 236,— „	
„ „ 3 .	93 622,25 „	
„ „ 3a .	32 730,— „	
„ „ 4 .	44 675,65 „	
„ „ 4a .	109 229,90 „	487 728,40 „
	Seitenbetrag	816 348,30 Franken

	Übertrag	816348,30 Franken
Sperre Nr. 5 .	63625,25 Franken	
„ „ 6 .	8275,35 „	
„ „ 7 .	17754,50 „	
„ „ 8 .	9305,55 „	
Zwischensperren	83725,90 „	
Zusammen für 20 Sperren und Zwischensperren		670414,95 „
Arbeiten an der blauen Egg (Schale usw.)		24958,85 „
Weganlagen, Erstellung einer Bauhütte, Brücken usw.		9964,15 „
Bauaufsicht und allgemeine Kosten .		88742,90 „
	Zusammen Lammbach	1122700,75 Franken.

Verbauung des Lammbaches mit Ablagerungsplatz	1122700,75 Franken
Verbauung des Schwandenbaches ohne Ablagerungsplatz	287633,40 „
Gesamtkosten	1410334,15 Franken.

Abmessungen und Rauminhalt der einzelnen Sperren.

Der Rauminhalt des Mauerwerkes sämtlicher Sperren beträgt rund 33000 cbm, wozu noch gegen 2000 cbm für Schalenbauten hinzukommen. Der Einheitspreis des Mauerwerkes einschl. Bodenaushub ist im Mittel 18,50 Franken, steigend von 16,50 bis 25,25 Franken. Die Abmessungen der bedeutendsten Sperren sind nun folgende:

Unterste Sperre Nr. 1. Obere Breite 74 m, Höhe 13 m = 3655 cbm Mauerwerk.

Satzegg-Sperre Nr. 2. Obere Breite 41 m, Höhe 16 m = 2525 cbm Mauerwerk.

Die Stufenhöhe, nämlich die Sperre mit zwei Vorsperren, beträgt 28,6.

Enge-Sperre Nr. 3. Obere Breite 60 m, Höhe 28 m = 5600 cbm Mauerwerk.

Nr. 3a. 60 m obere Breite, 9 m Höhe = 3385 cbm Mauerwerk.

Nr. 4. 90 m obere Breite, 19 m Höhe = 3400 cbm Mauerwerk.

Nr. 4a. 90 m obere Breite, 19 m Höhe = 6000 cbm Mauerwerk (noch nicht vollständig beendigt).

Nr. 5. 56 m obere Breite, 17,7 m Höhe = 3050 cbm Mauerwerk.

Wirkung der Sperren.

Hinter den Sperren hat sich eine Masse von Verwitterungsstoffen abgelagert, die gemäß Aufnahme und Berechnung rund 350000 cbm beträgt, oberhalb der „blauen Egg" 150000 cbm, im ganzen also an 500000 cbm.

Die rechtsseitigen Abhänge sind im allgemeinen zur Ruhe gekommen, und mit Beginn der Arbeiten haben nur kleinere örtliche Rutschungen stattgefunden; die Bachsohle hat sich stark erhöht, der ganze Bachlauf nimmt immer mehr eine stete Form an, die nur durch die von den linksseitigen Hängen herunterkommenden Abwitterungsstoffe beeinträchtigt wird.

Wirkung der Verbauung.

Auf dem Ablagerungsplatze sind ebenfalls bedeutende Geschiebemassen zur Ruhe gekommen, die Berechnung derselben ist aber sehr schwierig, weil stets gewisse Geschiebemengen durch die Schale unschädlich in den See geführt werden. Die Eisenbahn und die Kantonstraße von Brienz nach Meiringen sind nun geschützt, ebenso die Ortschaften Kienholz und Unterschwanden. Die Bepflanzung der am Ablagerungsplatze anstoßenden Grundstücke ist wieder aufgenommen worden und schreitet in erfreulicher Weise vorwärts.

Schwandenbach.

Im Schwandenbach sind ganz zuoberst mittels eines Stollens Wasserableitungen gemacht worden, ebenso oberhalb der sog. Ägertispalte, bei den Brüchen. Die Bewegungen daselbst haben sich bedeutend verlangsamt, ohne jedoch ganz aufzuhören, da aber am oberen Ende des Ablagerungsplatzes zwei mächtige Ablenkungssperren ausgeführt und am Fuß der Brüche zwei starke, auf Fels gegründete Sperren erstellt worden sind, so darf angenommen werden, daß auch für Unterschwanden bei teilweisen Ablösungen jede Gefahr beseitigt sein dürfte.

Das Gesagte zusammenfassend, darf man für diese Verbauung wohl sagen, daß die bis jetzt ausgeführten Bauten von sehr gutem Erfolge begleitet worden sind und der umliegenden Gegend diejenige Sicherheit gewährt haben, welche mit solchen Bauten überhaupt zu bewirken ist.

Die Entwicklung des Hafens Rügenwaldermünde.

Vom Baurat Th. Hoech in Kolberg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 30 und 31 im Atlas.)

I. Das Flußgebiet der Wipper und das Küstengelände.

Zwischen dem Flußgebiete der Weichsel von 192546 qkm Fläche bis zur Abzweigung der Nogat und dem Gebiete der Oder von 118611 qkm Größe bis zu ihrer Mündung ins Stettiner Haff liegt ein durchschnittlich 60 km breites Gebiet, das durch zahlreiche größere und kleinere Küstenflüsse zur Ostsee entwässert. Dies 14355 qkm große Gebiet wird von dem Niederschlagsgebiete der Warthe und Netze durch den pommerschen Landrücken getrennt, dessen Entstehung dem Seitendrucke der ersten Gletscherströme der Eiszeit zuzuschreiben ist. Auf dem Landrücken befinden sich neben vielen Seen und Moorgründen kahle Kuppen und moränenartig zusammengehäufte Steinmassen, wie der Steinberg bei Breitenberg südlich der Grabowquelle. Das ganze Gebiet bis zur Küste ist mit wechselnden Lagen von Diluviallehm und Sand, von Gletscherschutt und erratischen Geschieben aus Finnland und Skandinavien bedeckt. Der Abfall von etwa 140 m Seehöhe zur Ostsee bildet meist einen ziemlich schroffen Abhang, in den mehrere fjordähnliche Flußtäler eingeschnitten sind.

Am Saume der Ostseeküste (Bl. 30) liegen mehrere kleine Haffe oder Strandseen, welche durch eine Flußmündung oder durch ein bei Stürmen versandendes Tief mit der See in Verbindung stehen; zu nennen sind von Osten nach Westen:

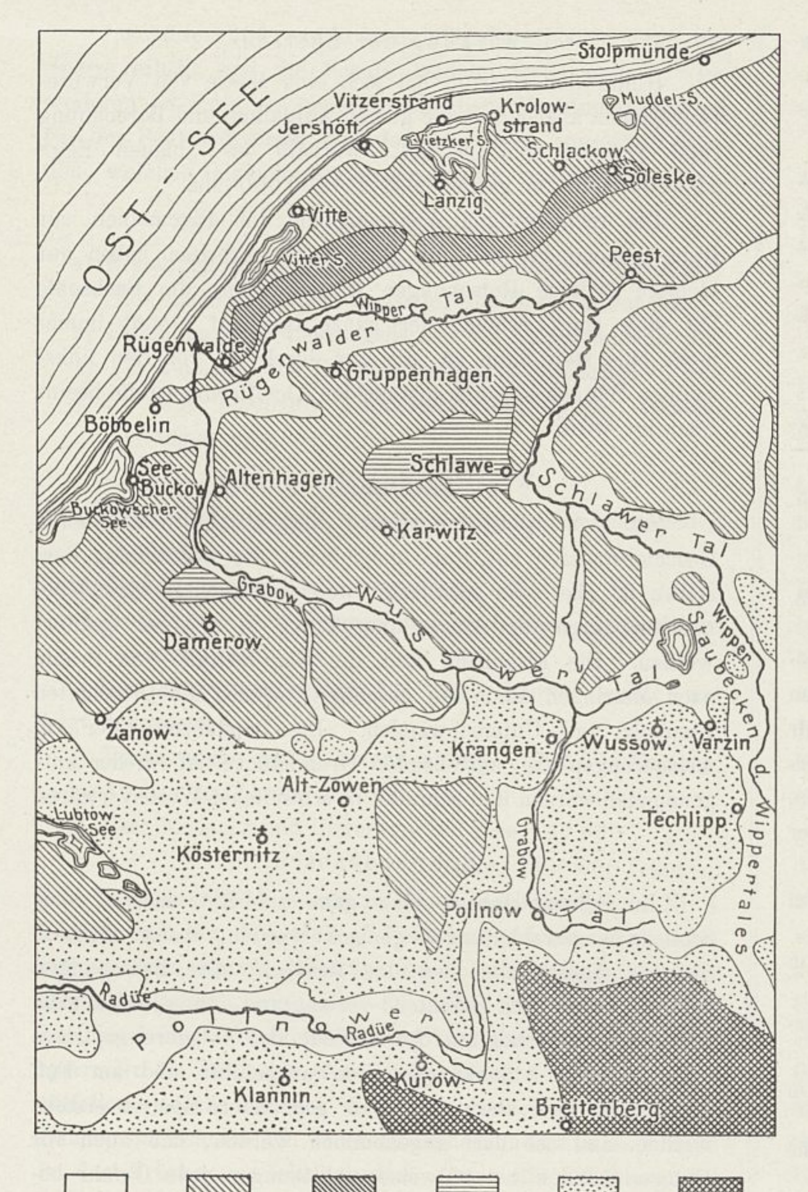


Abb. 1.

1. der Lebasee, ...	17 km lang,	7 km breit,
2. der Gardesche See, . .	7 „ „	5 „ „
3. der Vietziger See, . .	6 „ „	4 „ „
4. der Vitter See, . . .	6 „ „	2 „ „
5. der Buckower See, . .	9 „ „	3 „ „
6. der Jamunder See, . .	11 „ „	4 „ „
7. der Kamper See, . . .	5 „ „	3 „ „ .

Die Offenhaltung oder Öffnung der Tiefe wurde im Mittelalter durch die Landesherrschaften in der Art gesichert, daß die Räumungsarbeiten Ansiedlern auferlegt wurden, denen dafür Fischereirechte in den Seen gewährt wurden. In der Neuzeit sind die Mündungsstrecken einiger Tiefe mit Ufereinfassungen ausgebaut worden, um ihr Hin- und Herwandern in dem Sande des Strandgürtels zu hemmen und so die Räumungsarbeiten zu vermindern. Wenige Tiefe und mehrere Niederungen am Strande haben Siele erhalten, die über den Strand hinweg in die See reichen müssen, wenn die Räumungsarbeiten wesentlich vermindert werden sollen.

Nur der 75 qkm große Lebasee erhält den Zufluß eines größeren Flußgebietes von 1783 qkm, ohne daß durch das Flußwasser und das mit ihm ausgehende, vorher bei auflandigen Stürmen eingeströmte Seewasser ein für kleine Seeschiffe benutzbares Tief geschaffen wurde. Durch andauernde Stürme wurde die Mündung sogar vorübergehend zugesandet, bevor 1886 bis 1888 die Mündungsstrecke ausgebaut wurde (vgl. Zeitschr. f. Bauw. 1890, S. 57). Die Zuflußgebiete der anderen Strandseen, von denen die des Garder Sees vor der Mündung der Lupow mit 964 qkm, des Jamunder Sees mit 511 qkm und des Kamper Sees mit 315 qkm am größten sind, erstrecken sich keilförmig von der Küste aus zwischen die Zuflußgebiete der größeren Flüsse.

Von Osten nach Westen liegen zwischen der Weichsel und der Oder die Küstenflüsse:

1. Leba mit	1783 qkm	Gebiet,
2. Stolpe mit	1653 „	„
3. Wipper mit	2173 „	„
und ohne Grabow mit . .	1637 „	„
4. Persante mit	3145 „	„
5. Rega mit	2672 „	„ .

An der Mündung der Persante, Wipper und Stolpe bestehen aus dem Mittelalter her Seehäfen für die früheren kleinen Seeschiffe, während an der Lebamündung trotz des natürlichen Spülbeckens, das der Lebasee bietet, nur eine Einfahrt für kleine Fischerboote bestand. Der große Lebasee nebst anschließenden Moorsümpfen hat sich wenig nützlich für die Erhaltung natürlicher Tiefen in der Mündung der Leba erwiesen. Dahingegen haben Stolpe, Persante und Wipper mit stärkeren Gefällen an der Mündung nach ihrem Durchbruche durch die auf 2 bis 3 km an den Strand herantretenden Diluvialhügel tiefere Seegatte durch Spülung mit Süßwasser gebildet. Besonders wirksam ist das Schneeschmelzwasser, das bei Südwind im ganzen Gebiete der pommerschen Flüsse ziemlich gleichzeitig entsteht und beim Ausströmen in die Ostsee dort einen durch die Südwinde erniedrigten Seespiegel trifft.

Wenn man aus den vielen Streitigkeiten der Hafenstädte mit ihren Nachbarn im Mittelalter erfährt, daß damals wegen der schlechten Landwege auf allen Stellen der Küste die Waren der Güter und Dörfer auf ankernde Seeschiffe übergeladen wurden, so muß man schließen, das überall ein Seehafen entstand, wo die natürlichen Bedingungen dazu vorlagen. Die Chaussee Köslin—Groß-Möllen wurde noch 1854 bis 1857 hauptsächlich gebaut, um die Verbindung mit den Seeschiffen auf der Reede zu erleichtern. Am Strande bei Groß-Möllen standen Dalben mit Ringen und bei Nest ein Lagerschuppen.

Rügenwalde hatte allerdings nicht wie Kolberg in dem aus Sole gewonnenen Salze eine besonders wertvolle Handelsware, es lag aber am untersten Übergange über das Wippertal zwischen den beiden sehr fruchtbaren Uferlandschaften und besaß, wie alle mittelalterlichen Städte, ein großes Mühlenwerk. Abgesehen von den Zeiten größter Nöte fanden sich die Mittel zur Unterhaltung von Hafenanlagen in mäßigem Umfange, da die Spülkraft der Wipper dazu die Grundlagen geschaffen hatte. Die flache Moorniederung neben der von links einmündenden Grabow, die bei Sturmfluten überschwemmt wird, mag, nach den ähnlichen Verhältnissen bei der Leba und Rega zu schließen, wenig zur Ausspülung der Hafenrinne beigetragen haben. Der Ausstrom aus diesen Spülbecken erfolgt schon, wenn der Sturm etwas abflaut und

der Ostseespiegel erst wenig gefallen ist. Ein ausgehender Spülstrom ist aber nur bei niedrigem Wasserstande vor der Mündung wirksam. Die Wirkung der Grabowniederung zeigt sich besonders in einer Ermäßigung der Sturmfluthöhen bei der Stadt Rügenwalde und auch am Pegel in Rügenwaldermünde. Die höchsten beobachteten Sturmfluten liegen in Stolpmünde 1,80 m, in Kolberg 2,24 m und in Rügenwaldermünde nur 1,46 m über Ostseemittelwasser. Hierzu sei bemerkt, daß der Rügenwalder Pegel etwa in der Mitte zwischen der Hafenmündung und dem Ende der Grabowniederung steht, also etwa das Mittel zwischen einem hohen Ostseestande und dem gleichzeitigen Wasserspiegel in der Grabowniederung anzeigt. Nur ein Pegel am äußeren Molenkopfe würde den Wasserspiegel der Ostsee richtig aufzeichnen können.

Die moorige Grabowniederung (Bl. 30) bildete ursprünglich mit dem östlichen Vitter See und mit den westlichen Buckower und Jamunder Seen einen langen Strandsee hinter einer schmalen sandigen Nehrung in der Art, wie das Frische Haff bei ähnlicher Küstenrichtung noch zeigt. Der Jamunder See ist durch wandernde Dünen abgetrennt, und der Zusammenhang zwischen Buckower und Vitter See durch die Sinkstoffe der Wipper und Grabow unterbrochen worden. Beide Flüsse mündeten über die verlandeten Seenflächen hinweg durch das tote Wasser 5 km südwestlich der jetzigen Hafenmündung in die Ostsee. Das weite Mündungstal wurde dann durch die Flußsinkstoffe, durch Moorbildung in den abgeschnittenen Wasserflächen und durch Dünensand, der in dünnen Schichten übergeweht und auch beim Überwandern in Form von Hügeln und Rücken durch hereinbrechende Sturmfluten eingeebnet wurde, immer höher ausgefüllt und hob auch den Spiegel der hindurchschlängelnden Flüsse. Zuerst fand infolge solcher Hebung ein 300 m langer Durchbruch durch den von Osten her auslaufenden Rücken des oberen Geschiebemergels 3 km westlich von Rügenwalde statt, wo jetzt die Grabow fließt. Später brach die Wipper bei der heutigen Stadt Rügenwalde durch den dort 1500 m breiten Mergelrücken und gab die Gelegenheit zu einem Mühlenstau von 1,75 m Gefälle. — Zwischen zwei von drei Flußarmen wurde die Burg, das herzogliche Schloß, erbaut (Text-Abb. 3). — Vorbereitet waren diese Durchbrüche über niedrige Stellen des Mergelrückens hinweg offenbar durch Aufhöhung des Talbodens; den Anlaß zum Überlauf brachte aber wahrscheinlich ein Frühjahrshochwasser mit von Süden nach Westen drehenden Stürmen, die das diluviale Mündungstal mit Eismassen verstopften. Auch schon während der Einmündung der beiden Flüsse in den großen Haffsee können die Durchbrüche des Mergelrückens stattgefunden haben. Der Eisgang aus den Flüssen kam vor der noch festen Eisdecke des Haffs zum Stehen und wirkte wie vorstehend dargelegt wurde.

Die Meinung eines Geologen, daß der ganze Wipperlauf von der Schneidemühle südlich von Rügenwalde an bis zur Mündung zweifellos künstlich angelegt sei, um das Gefälle des Flusses für die zum alten pommerschen Herzogsschlosse gehörende Mühle nutzbar zu machen und zugleich die Burg durch einen vorzüglichen fließenden Schutz- und Wallgraben zu sichern, ist weder geschichtlich noch wirtschaftlich gerechtfertigt. Die Stadt und die Burg wurden eben dort gebaut, wo die Tal- und Flußverhältnisse günstig waren. Nur Teile des Schloßgrabens werden künstlich ausgegraben worden sein.

Infolge des Durchbruchs durch den Mergelrücken bei Rügenwalde ist der Unterlauf der Wipper durch die Strandzone, d. h. durch die Stranddünen und die hinterliegenden Moore auf weniger als 3 km verringert worden. Der flache Mergelrücken bei Rügenwalde gehört zur zweiten geologischen Zone, zu der Küstenebene aus oberem Geschiebemergel. In dieser Küstenebene ist das Wippertal eingeschnitten, zunächst ostwestlich und darüber nordsüdlich. Nördlich des Rügenwalder Tales (Text-Abb. 1) setzt sich auf die dort bis 20 m Seehöhe ansteigende Mergelebene ein nach Norden und Süden steil abfallender Höhenrücken, der einen Kern aus glaukonitischen Sanden und solchem Ton des Tertiärs unter dem unteren und oberen Diluvium enthält. Dieser Küstenrücken auf der Ebene erhebt sich bei Zizow 40 m und bei Saleske im Silberberge 62 m über Seespiegel. Bei Schlawe befindet sich noch in der Küstenebene ein altes Stauwerk mit 2 m Gefälle an der Wipper in dem dort wieder breiteren Tale. Größere Gefälle haben die Mühlenwerke bei Varzin und Beßwitz in der dritten Zone, der Erosionslandschaft im unteren Diluvium.

Die Quellen der Wipper und ihrer Zuflüsse reichen bis in die vierte Zone, die Moränenlandschaft des baltischen Höhenrückens hinein. Diese ist gerade im Wippergebiete arm an Seen, besonders an größeren. Sie liegen auch meistens südlich der Wasserscheide innerhalb der Heidelandschaft. Die Wasserscheide hat 201 bis 238 m Seehöhe, der Wipperlauf ist 115 qkm lang und von Techlipp an flößbar. Die Grabow mit 536 km eignen Gebietes trägt von Pollnow ab Flöße. Aus der Gegend von Krangen wurden wiederholt die Hölzer zu den Hafenbauten in Rügenwaldermünde herabgeflößt.

An der Grabow gibt es nur kleine Stauwerke im Oberlaufe. Beachtenswert ist ein vom Unterlaufe aus nach dem alten Kloster See Buckow abgezweigter Mühlengraben, dessen Wasser durch das Buckower Tief zur Ostsee fließt und so der Hafenmündung entzogen wird, seit die Verbindung des Buckower Sees mit der unteren Wipper versandet ist (siehe unten). Diese und verschiedene andere Veränderungen der Vorflut und der Auswässerung sind durch Vorgänge in der Strandzone unter dem Einflusse des Meeres herbeigeführt worden. Vor der Küstenzone und im Gebiete der Strandzone zeigt Text-Abb. 1 eine Diluvialinsel von 24 m Seehöhe bei Jershöft, wo über Tertiär der obere Geschiebemergel 15 m hoch am Abbruchsufer zutage tritt. Die Jershöfter Insel war viel größer, als nach Bildung des oberen Diluviums die Ostsee bis an den Rand der Küstenebene reichte.

Vor der geschlossenen Ausbildung der Strandzone aus Haffseen hinter schlank verlaufenden Nehrungen wurden die Mergelufer stark von der See angegriffen, wie Steilhänge bei Rügenwalde und am Vietzker See zeigen. Die vielen Geschiebe auf dem Grunde des flachen Vietzker Sees stammen aus dem Geschiebemergel, der durch die Meeresbrandung in der dortigen früheren Bucht zerstört ist. Durch Bildung der Strandzone wurde die Diluvialküste dem Angriffe der See entzogen, nicht aber die Seeseite der Jershöfter Diluvialinsel.

Auch nach Bildung des oben erwähnten großen Haffsees nebst Nehrung in südwestlich-nordöstlicher Richtung blieben die Sturmangriffe auf die Jershöfter Landecke bestehen, wenn auch durch die ausgeglichene Form der Küstenlinie vermindert. Die Jershöfter Mergelhöhe konnte offenbar nicht solchen

Widerstand wie das große Samland östlich des Frischen Haffs leisten. Die Rügenwalder Nehrungsdünen, nachdem sie ihren Anschluß an die Jershöfter Mergelhöhen erreicht hatten, wurden nun durch das von Nordwesten her erfolgende Vordringen der See gegen den weiter zurückweichenden Landvorsprung der Jershöfter Insel und des benachbarten Ausläufers der Küstenebene am Ostende des Vitter Sees in Mitleidenschaft gezogen. Da die Linie der Nehrung zwischen den Mergelufern bei Sorenbohm und Vitte und Jershöft einem Gleichgewichtszustande der Naturkräfte entsprach, mußte jeder neue Abbruch des Mergelvorgebirges bei Vitte und Jershöft ein Zurückweichen des Sandstrandes unter dem Einflusse der vorwiegend von Westen nach Osten gehenden Küstenströmung nach sich ziehen. In den letzten Jahrhunderten hat sich der alluviale Strand dem diluvialen bis auf 200 m genähert auf einer Stelle, die weniger als 2 km nordöstlich der Hafenmündung liegt. Dort ging die Entwässerung des Vitter Sees, des östlichen Überbleibsels des großen Haffsees, hinter den Dünen hindurch nach der Wipper. Wie die ganze Fläche zwischen Wipper und Vitter See durch Sandwehen und von Sturmflutwellen verflachte Dünenhügel ausgefüllt wurde, so erlitt auch der Entwässerungsgraben „die Lütow“ häufige Versandungen. Zur Räumung verpflichtet waren die Stadt und das Amt Rügenwalde und außerdem acht adelige Güter. 1561 berichtet der Rat dem Landesfürsten, er habe schon dreimal gestattet, daß durch die städtischen Wiesen eine neue Lütow gegraben würde, damit die Wiesen nicht geschädigt würden und die Fische Ein- und Ausgang zum Vitter See hätten. Die Lütow verwehe aber alle Jahre wieder. Durch den Dreißigjährigen Krieg wurde die Räumung unterbrochen, und erst 1667 wurde wieder eine Lütow gegraben. 1680 klagte der Rat, daß das Meer alle Sanddünen längs der Lütow weggenommen, daß Wind und Wetter die Wiesen mit Sand betrieben und den Graben verschütteten. Darauf wurde 1683 eine neue Lütow gegraben und ihre Mündung in die Wipper etwas landeinwärts verlegt. Die Lütow hat bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts bestanden; seitdem entwässert der Vitter See durch ein schmales Tief.

Auch der Buckower See hatte eine offene Verbindung mit der Grabow und Wipper in geschichtlicher Zeit, die Trah. Sie stand durch die Lychow auch mit dem Meere in Verbindung und wurde von Seeschiffen befahren. Das tote Wasser mit einem leicht versandenden Tiefe und einige Binnengräben sind der Rest von Lychow und Trah. Schon um 1700 war durch Übersandungen der Zustand zwischen der Wipper und dem Buckower See erreicht, wie ihn eine Karte aus 1791 zeigt (vgl. Text-Abb. 2 u. 3).

Die Sandmassen, welche die Haffflächen in der Strandzone auffüllten, wurden den Nehrungsdünen entzogen. Ferner wanderte der Strandsand mit der vorwiegend von Westen kommenden Küstenströmung weiter nach Osten. Wenn auch bei Nordoststürmen, wie vor einigen Jahren bei Rügenwaldermünde beobachtet werden konnte, der Strandsand wieder rückwärts getrieben wurde, und obgleich von Westen her stets neuer Sand in die alte Nehrungsstrecke zuwanderte, so wurden doch die Nehrungsdünen außergewöhnlich dadurch geschwächt, daß die tertiäre und diluviale Jershöfter Landecke dauernd weiter zurückwich. Die älteste Nehrung hat weit draußen in der See gelegen, und an der Stelle der heutigen Dünen befanden sich Seen und Moorflächen. Den augenfälligen Beweis hierfür liefern Torfschichten vor dem Strande bei Rügenwaldermünde und besonders bei Vitte zahlreich durch Stürme auf den Strand geworfene Torfstücke.

Etwa 1 km vor dem Jershöfter Steilufer liegt ein mehrere Kilometer langes Steinriff in 9 bis 14 m Tiefe, auf dem die Enten zu tausenden nach kleinen Muscheln im Winter tauchen, wenn die Strandseen zugefroren sind. Dies Riff scheint der Rest eines Strandrückens aus Geschiebemergel zu sein.

Infolge des dauernden Zurückweichens der Jershöfter Landecke vor den Angriffen der See und der dadurch verstärkten Wanderung des Strandsandes sind die Dünen vor dem Buckower See, vor der Niederung der Grabow und Wipper und vor dem Vitter See auf einen schmalen deichartigen

Abb. 2. Rügenwaldermünde 1791.

Zu Abb. 3.

a Die große Mahlmühle beim Schloß,
b die Mühlen-Freiarche von 3 Schützen,
c die Lachsschleuse von 3 Schützen,
d die Lohmühle,
e die Schneidemühle nebst der Graupenmühle,
f der Lachsbring neben dem Lachsheller,
g die Schloßbrücke,
h die Stadtbrücke.

(Nach einer Karte von 1791.)

Abb. 3. Rügenwalde 1791.

Rücken beschränkt worden, der besonders auf den beiden erstgenannten Strecken von beachtenswerter Regelmäßigkeit, meist etwa 7 m hoch und 50 m breit ist. Die auffallend starke Zurückweichung des Strandes und der Dünen östlich neben der Hafenmündung ist durch die Molenbauten verursacht und wird besonders behandelt werden.

Unter den vereinzelten Binnendünen auf der Fläche des alten Haffsees ist die bis 12 m hohe und 300 m lange Gruppe von Sandhügeln etwa 1,5 km südwestlich des jetzigen Dorfes Vitte bemerkenswert. Dort lag bis vor 80 Jahren das Dorf Vitte von diesen flüchtigen Dünen bedroht. Das Dorf hatte die Wanderdüne aufgestaut, während ihre Flügel weiter gewandert und in dem Vitter See und auf den angrenzenden Moorflächen verflacht und verschwunden waren. Nach Verlegung des Dorfes sind jene Dünen übrigens durch eine natürliche nicht mehr durch Betreten zerstörte Pflanzendecke fest geworden.

Ein anderer Teil des Nehrungssandes ist durch die Jershöfter Mergelhöhe von 800 m Breite und 24 m Seehöhe aufgestaut worden. Der größte Teil der abbrechenden Nehrung wurde von der Küstenströmung um den Jershöfter Vorsprung herumgeführt und bildete östlich davon ein 10 km langes und 1,5 km breites Dünengebiet, in dem bis 27 m hohe kahle Wanderdünenberge sich befinden. Man darf annehmen, daß diese Wanderberge mit deutlicher nierenförmiger Auskehlung auf ihrer Ostseite sich östlich der Glavenitzmündung gebildet haben. Ihr jährliches Fortschreiten soll 7 bis 20 m betragen. Da der westlichste der kahlen Dünenberge 5 km und der östlichste 10 km von der Glavenitz liegen, so hat ihre Wanderung 250 bis 700 beziehungsweise 500 bis 1400 Jahre gedauert. Ihre Vorläufer sind in die Niederung am Muddelsee gewandert und dort verschwunden; in der Nähe des Strandes sind sie in etwa halber Höhe stehen geblieben und durch natürliche Bewaldung festgelegt. Östlich des Muddelsees, wo der Diluvialmergel wieder näher an die See herantritt, sind die Dünen bis 41 m im Muddelberge hoch und bis Stolpmünde hin gut bewaldet.

Der Einfluß der Landabbrüche bei Jershöft auf die östliche Küstenstrecke scheint in geschichtlicher Zeit nicht über die Gegend am Muddelsee hinaus gereicht zu haben.

Die Kahlheit der Schlackower Wanderdünen, deren Festlegung 1904 vom Staate begonnen ist, beweist ihr geringes Alter. Damit ist aber auch dargetan, daß während des Mittelalters die Abbrüche der Jershöfter Diluvialinsel und damit der Dünen auf der alten Nehrung in beachtenswertem Maße weitergegangen sind. Pfahlbuhnen sind vor Jershöft erst 1872 bis 1874 und an dem westlichen Mergelauslaufe bei Vitte erst 1874 bis 1879 vom Staate geschlagen worden.

Für die Tiefe im Seegatt vor Rügenwaldermünde war das dauernde Zurückweichen der aus leicht beweglichen Sanden auf altem Meeresboden aufgebauten Nehrung von günstiger Wirkung. Eine Ansammlung von Sänden vor dieser Küstenstrecke wurde ausgeschlossen, und die größeren Meerestiefen immerwährend dem Strande genähert.

II. Die Hafenstadt Rügenwalde.

Der vorgeschichtliche Durchbruch der Wipper durch den auslaufenden Mergelrücken nach S. 307 hatte bei der heutigen Stadt Rügenwalde die Grundlagen für eine größere Ansiedlung geschaffen. Der Fluß spaltete sich in der Stromschnelle vor der Küstenebene in mehrere Arme und bot so günstige Baustellen für eine Burg und eine Mühle. Die Wendenburg Dirlow lag wahrscheinlich zwischen zwei Flußarmen in der Nähe des hohen Landes, etwa auf dem westlichen Teile des heutigen Lachsbrink, wo der im Mittelalter hochgeschätzte Lachsfang und eine Mühle, die jetzt 1,75 m Gefälle hat, entstanden (Text-Abb. 3). Hier, etwa 3 km von der Ostsee entfernt, war die Grenze der Seeschiffahrt und entstand ein wendischer Flecken auf dem linken Ufer des heute einheitlichen Wipperlaufes. Dort führen noch jetzt zwei Uferplätze den Namen Lastadie, d. h. Ladestelle der Schiffe.

Um 1270 wurde vom Fürsten Witzlaw II. von Rügen, während er das Land Schlawe als Heiratsgut seiner Mutter, einer Tochter des Herzogs Swantopolk II. von Ostpommern, in Pfandbesitz hielt, die heutige Stadt Rügenwalde auf dem rechten Wipperufer als deutsche Stadt gegründet. Witzlaw benannte nach seiner Heimat die neue Stadt Ruyenwolde, auch Rugenwold und Ruigenvolt geschrieben. Da die moorigen Wipper- und Grabowniederungen niemals bewaldet waren, und die fruchtbaren Mergelhöhen schon von den Wenden angebaut und mit Runddörfern besetzt wurden, kann der Name nicht von einem Walde abgeleitet werden. Er erklärt sich vielmehr durch das dänische Wort Vold, das zwei Bedeutungen hat. Von der einen ist noch eine Spur in dem deutschen Worte Anwalt enthalten; nur die andere kommt hier in Betracht. Vold bedeutet nämlich „einen Wall“ oder „einen mit Wall und Graben befestigten Ort“. Danach ist Rügenwalde „die umwallte Stadt des Fürsten von Rügen“.

Auf der südlichen Ecke des annähernd geviertförmigen Stadtplanes wurde eine neue Burg*) östlich des Lachsbrink erbaut und mit dem Mühlengraben zur Schloßmühle umgeben.

Swantepolk, Witzlaws Großvater, hatte schon das Strandrecht aufgehoben, Handel und deutsche Ansiedler begünstigt und seiner Hauptstadt Danzig deutsches Recht verliehen. Auch waren bereits die deutsche Stadt Kolberg 1253 in sechzig und ferner Köslin in dreißig und das Kloster Buckow in acht Kilometer Entfernung nach Südwesten gegründet. Die eigentlichen Landesherren und die armen Bewohner des Hinterlandes von Rügenwalde blieben slawisch. Die neue Stadt hatte um 1300 ein Schloß, aber keine vollständige Stadtbefestigung, wenige deutsche Handwerker, eine verfallene Wassermühle, ein Lachswehr, einen Hafen mit Bollwerken und einige Krüge, wurde aber von der benachbarten Hafenstadt Kolberg, die wertvolle Salzquellen besaß, überflügelt.

In dem Ringen des deutschen und dänischen Volkes um die Herrschaft in der Ostsee von 1230 bis 1320 strebten die askanischen Markgrafen von Brandenburg, welche damals die größte Landmacht in Deutschland besaßen und im deutschen Osten 350 Städte gegründet haben, nach einem Zugange zur Ostsee. Sie verhinderten zuletzt zwar mit Stralsund 1317, daß die Ostsee ein dänisches Binnenmeer wurde, konnten aber Lübeck trotz zeitweiliger Belehnung und später Danzig trotz zeitweiliger Besetzung nicht halten, und auch ihre Absichten auf Kolberg schlugen fehl. Das Land Kolberg

*) K. Wrede, Das Schloß der Herzöge von Pommern in Rügenwalde, im Jahrg. f. 1903, S. 387 d. Zeitschr.

wurde 1277 sogar vom neidischen Pommern-Herzoge an das Bistum Kammin unter der Bedingung gegeben, daß es nicht an die Markgrafen von Brandenburg abgetreten werden dürfe. Den Markgrafen gelang damals nur dem verschuldeten Fürsten von Rügen das Pfandrecht an Rügenwalde und Umgegend abzukaufen. Die Markgrafen gründeten 1310 die deutsche Stadt Stolp. Nach diesem Vorbilde ließen am 21. Mai 1312 die Söhne des verstorbenen Landesfürsten Swenzo, welche 1307 auf die Seite Brandenburgs getreten waren, nochmals die deutsche Stadt Rügenwalde durch einen Priester und vier Ratsverwandte aus Köslin gründen. Die Stadt wurde nun ringsum mit Planken bewehrt, eine neue Mühle mit zwei Rädern erbaut, und die Fischerei auf der Wipper und an der Mündung geordnet. Beachtenswert ist, daß auf den Sandhaken vor der Wippermündung keine Strandnetze aufgestellt werden durften.

Schon 1313 mußte Markgraf Waldemar die Lande Stolp, Schlawe und Rügenwalde an den Herzog von Wolgast und Demmin abtreten, um sich dessen Unterstützung in dem bevorstehenden Kampfe Brandenburgs und Stralsunds gegen Dänemark zu sichern. Die dänische Gefahr wurde endgültig beseitigt, aber Brandenburg hatte die Ostsee nicht erreicht. Das mißlungene Werk der Askanier konnten erst nach dem Dreißigjährigen Kriege die Hohenzollern wieder aufnehmen.

Bald nach den Kriegswirren setzte ein schneller Aufschwung ein: 1321 vereinbarte Rügenwalde mit Kolberg Zollfreiheit und wurde in die Hansa aufgenommen. Die alte Plankenbefestigung wurde durch eine Mauer mit Türmen, Graben, Wall und einen zweiten Graben ersetzt; man hat aber nie versucht, die Stadt gegen einen Feind zu halten. Verschiedene Dörfer wurden angekauft und allerlei Rechte von den Landesherren, den Swenzonen, erworben. Diese erkannten 1347 den Herzog von Pommern aus dem Greifenhause als Herrn an. Die Mühle, welche das auf einer Wipperinsel in der Mitte des Jahrhunderts neu erbaute Schloß durch Aufstau sicherte, wurde 1352 von der Familie eines Gründers durch die Herzöge angekauft.

Erich, der letzte König von ganz Skandinavien, wohnte nach seiner Vertreibung 1449 in Rügenwalde und wurde nach seinem Tode 1459 in der Stadtkirche beigesetzt. Seine Schätze fielen an die Großnichte Sophie, deren Gemahl Erich II. den Bergelohn auf den dritten Pfennig festsetzte, und deren Sohn Boguslav 1474 Herzog von Pommern wurde. Unter seiner Regierung zerstörte ein Nordweststurm 1497 die Bollwerke auf der Münde und setzte einige Schiffe nahe der Stadt aufs Land (Text-Abb. 2 u. 3). Weitere schwere Stürme traten im Januar und Februar 1558 auf; das Holz zur Wiederherstellung der Hafenbauten wurde vom Herzog geliefert.

In dieser Zeit nahm aber Rügenwalde durch den nordischen Krieg von 1563 bis 1570 einen großen Aufschwung; der Pfundzoll der Hafenkasse stieg bis 2500 Mark, und jährlich verkehrten bis 100 Schiffe zur Lieferung von Tuchen, Leinwand, Korn und Bier, aber auch von Schießwaffen, Rüstungen und Sattelzeug nach Schweden. Dafür wurde der Hafen 1568 von Juli bis September durch die Dänisch-Lübecker Flotte blockiert.

Von erneuter schlechter Geschäftslage zeugt die Klage Rügenwaldes beim Herzoge, daß die Bauern der benachbarten Stranddörfer von Jershöft bis Neuwasser ihre Fischwaren, desgleichen Speck und Erbsen mit großen Schuten nach Danzig, Lübeck, Rostock, Wismar und Königsberg schickten und dafür Salz, Gewand und Eisen unter Umgehung Rügenwaldes einhandelten. Ein Schiff mit getrocknetem und gesalzenem Lachs eines Besitzers im Dorfe Rützenhagen hinter Jershöft wurde in Rügenwalde beschlagnahmt, als es dort wegen Unwetters einlief, mußte aber auf Befehl des Herzogs freigegeben werden. Besonders in den Jahren 1585 bis 1610 ging der Seehandel zurück.

Durch Brand wurden am 11. November 1624 drei Viertel der Stadt mit damals 3000 Einwohnern zerstört. Zum Neubau der mitabgebrannten Kirche wurde der Kalk aus Stettin und die Dachpfannen aus Danzig und Kopenhagen eingeführt, obwohl eine fürstliche Ziegelei schon 1584 von Buckow nach Rügenwalde vor das Steintor verlegt worden war. Der Turm wurde 1632 fertig, die Uhr erst 1642 eingesetzt. Zu diesem Brandunglück kamen die Leiden des Dreißigjährigen Krieges. Der Wallensteiner Kommandant von Kolberg ließ im Mai 1630 den Hafen verwüsten, alle Bollwerke auf der Münde umhauen und die Hafeneinfahrt durch Steine und Steinkisten derart verstopfen, daß im Juni und Juli nur ein einziges Boot einlaufen konnte. Schon vier Tage vor der Landung Gustav Adolfs an Pommerns Küste räumten am 20. Juni 1630 die Kaiserlichen Rügenwalde und nahmen 600 Pferde und acht Geschütze der Stadt mit nach Kolberg. Die Einwohnerschaft war während der zweieinhalbjährigen Besetzung stark zurückgegangen, und die verlassenen Häuser waren verwüstet; allein der Schaden an dem Hafen wird auf 6000 Rtlr. angegeben. Nach dem Abzuge der Feinde ließen die Hafenherren das Holz der zerhauenen Bollwerke am Strande sammeln und feierten zunächst mit dem Rate wieder einmal eine recht üppige Hafenkollation, d. h. eine Verhandlung zur Abnahme der Hafenrechnung verbunden mit Schmaus. Schon am 3. August 1630 waren drei Steinkisten aus dem Hafen entfernt, und am 7. September wurde der Neubau der Bollwerke begonnen, so daß noch 20 Schiffe bis zum Schlusse der Schiffahrt einliefen. Darunter waren auch zwei schwedische Schiffe mit fünf Kompanien zur Besetzung der Stadt. Die Freude über die Ankunft der Schweden wurde zwar bald getrübt, als diese in der ganzen Gegend Geld und Lebensmittel erpreßten und den Seehandel neben dem städtischen Pfundzolle noch mit Lizenten belegten. Der Unternehmungsgeist in der Hafenstadt aber stieg. 1631 wurden zwei Seetonnen vor die Spitzen der zerstörten Seebollwerke verlegt, und der Hafen weiter ausgeräumt, wozu versuchsweise große Harken verwandt wurden. Zu den Hafenarbeiten waren die Bürger und Bauern der Ratsdörfer ebenso wie zur Sicherung des Strandes verpflichtet. Nachdem schon 1613 das Flößen des Bollwerkholzes von den Bürgern abgelöst war, zogen jetzt die Hafenherren bezahlte Tagelöhner vor. Die Stadt verlangte damals, daß der Adel die Grabow räumen solle, damit man Holz zum weitern Aufbau der Stadt flößen könne, und der Herzog schenkte 600 Bäume aus dem Bütowschen Amte zum Neubau der Bollwerke. Nur wenige Bäume wurden von dort aus dem Gebiet der Stolpe 75 km weit angefahren, und sonst Holz bei Krangen in 35 km Entfernung gekauft.

1633 verkehrten wieder 35 Schiffe in Rügenwalde, von denen allerdings einige auf der Reede löschen mußten.

Mehr als sonst blühte der Schiffbau und die Holzausfuhr. 1631 ließ der König von Dänemark in Rügenwalde für 600 Rtlr. eichene und fichtene Dielen zu Kriegsschiffen kaufen; und 1632 bis 1635 wurden außer den heimischen Schiffen zwei große Schiffe für Stralsund, mehrere für Lübeck und je ein großes für Danzig (1000 Rtlr.) und für Dänemark gebaut. Daß die Zustände unter der schwedischen Besatzung bald wieder ganz schlimm wurden, beweist die Wegnahme von 50 Scheffel Roggen durch den Rat trotz Zahlung des Pfundzolles, weil der Adel sein Getreide erst an Bürger verkaufen sollte. 1638 mußte sogar der Hafenprahm, der zum Leichter diente, verkauft werden. Das 1643/44 durch Eis beschädigte Ostbollwerk konnte nur langsam ausgebessert werden, und 1651 war der Hafenverkehr auf sechs Schiffe gesunken.

Die notwendige Erholung nach dem Friedenschlusse wurde durch den großen Brand vom 10. August 1648 gehemmt; nur Kirche, Schule und fünf Häuser blieben stehen; dazu kam eine Kornteuerung 1649/50. Erst durch den Stettiner Rezeß vom 19. April 1653 fiel das halbwüst liegende Rügenwalde mit dem größten Teile Hinterpommerns an Kurbrandenburg; der schwedische Lizenteinnehmer aber blieb, da Schweden sich die Hälfte der Seezölle vorbehalten hatte. Der Seehandel hob sich seit 1653 merklich, die Hafenbollwerke wurden weiter ausgebaut und neue Molen durch den Baumeister Michael Tide aus Kolberg in die See gelegt.

1658 verkehrten wieder 36 Schiffe, und der städtische Pfundzoll war so hoch, wie seit langem nicht. Zu den Baukosten wurden noch Gelder geliehen und Beiträge von den Ratsmitgliedern und Bürgern gestiftet. Der Rat von Danzig schenkte 30 Rtlr. und der Kurfürst 1600 Bäume aus dem Lauenburger und Bütowschen Amte. Die Anfuhr war aber wieder teurer als die Beschaffung aus näheren Wäldern.

1662 wurde mit Kolberg verhandelt, wie den Köslinern nach einem Vergleich von 1510 das Ausschiffen am Strande gehindert werden könne, Rügenwalde handelte damals zum letzten Male als Mitglied der Hansa; eine neue Hafenrolle oder „Willkür der Münde und Havenung“ wurde erlassen.

Für ein Schiff von 100 Last mit Ladung war ein „Pfundzoll“ von 2 Rtlr. 12 Lüb. Schill. und für ein nur anlaufendes Schiff ein „Ruderzoll“ von 18 Lüb. Schill. zu zahlen. Fremde zahlten mehr als die Bürger, und frei waren landesherrschaftliche, Kirchen- und gestrandete Güter. Verwaltet wurde der Hafen von den Hafenherren, einem Ratsherrn und zwei Kaufleuten, welche bei der Naturalwirtschaft jener Zeiten 8 Mark Stiefelgeld und der Ratsherr noch 4 Mark für das Hafenregister erhielten, aber bei allen Amtshandlungen nach einem Fischzuge mit der Hafenwade im Ostkruge schmausten und zechten. Dort wohnte der Vogt auf der Münde als ihr Vertreter und führte die Aufsicht über den Hafen und Schiffsbetrieb. Die Einwohner der Münde trieben nur Schiffahrt und Fischerei, waren in sieben Genossenschaften eingeteilt und mußten gegen Entgelt abwechselnd die Lotsen für einkommende Schiffe stellen, sowie beim Löschen und Bergen helfen, auch die 1684 erbaute Brücke über die Wipper in der Münde öffnen (Text-Abb. 2).

Die Entwicklung des Handels wurde bald wieder durch den Sturm vom 15. Januar 1666 unterbrochen. Die Westspitze und 24 Bollwerke waren zerstört, mehrere Häuser umgeschwemmt, das Fahrwasser verschüttet und der Hafen wieder verdorben. Der Rat veranschlagte die Kosten auf 6000 Rtlr., um Schiffen von 100 Last den Hafen zu öffnen und Schuten mit 6 Last bis zur Stadt gelangen zu lassen. Die Regierung schickte Kommissare und erteilte Bettelbriefe an Reichsstände und fremde Machthaber, auf die aber nicht viel einkam. Die Landstände bewilligten 300 Rtlr., der Kurfürst ordnete an, daß Amtsbauern Steine lieferten, und schenkte 400 Fuder Strauch und 1600 Fichten aus der Morgensternschen und Lauenburger Heide, die wegen hoher Fuhrkosten nur zum kleinen Teile angefahren wurden. Die Hafenherren kauften das Holz in Techlipp, und Ratsverwandte fuhren es an. Der Statthalter schenkte 100 Rtlr. durch Anweisung auf einen Steuerrest der Stadt, und der Schloßhauptmann auf Krangen gab Bauholz, wofür die Stadt ihm auf 15 Jahre gestattete, jährlich 1400 Scheffel Getreide aus dem Hafen zollfrei auszuführen und dafür Waren einzuführen.

Unter solchen Geldnöten schritt die Wiederherstellung des Hafens sehr langsam vorwärts; dazu traten neue Sturmschäden. 1672 kam nur ein Schiff mit Handelsware, erst 1682 wieder 14 Schiffe. In der Zeit des tiefsten Niedergangs des Rügenwalder Handels von 1666 bis 1683 fielen innere Unruhen und besonders der Krieg mit Schweden. 1675 besetzten die Schweden drei Monate lang die Stadt. Nach ihrem Abzuge wurde die Münde gegen schwedische Kaper befestigt; die feindlichen Schiffe zeigten sich aber nur von fern und kaperten nur ein nach Wolgast ausgefahrenes Schiff. Bei der Landung des kurfürstlichen Heeres auf Rügen im September 1678 waren die Schiffer von der Münde auf Befehl der Regierung beteiligt und verloren drei Boote. Der Friede von St. Germain 1679 beseitigte endlich den schwedischen Lizenteinnehmer in Rügenwalde.

In den letzten Jahren der Regierung des Großen Kurfürsten glaubte der Rat, daß dem fortschreitenden Übel der Versandung der Wipper oberhalb der Münde durch Grabung einer neuen Hafeneinfahrt abgeholfen werden könne, und der Kurfürst ging auf diesen Plan ein. Im Jahre 1684 wurde die Ausbesserung des Hafens auf Landeskosten angeordnet, und Rügenwalde sollte nur 1000 Rtlr. beisteuern, ließ sich aber dafür später gelieferte Baustoffe anrechnen. Die Arbeiten unter örtlicher Leitung des Baumeisters Wilhelm Crytler und Oberleitung des Baumeisters Kornelius Ryckwart in Küstrin dauerten von 1684 bis 1688 unter Zuziehung von Amtsbauern, Stadtuntertanen und Soldaten. Zuerst wurde eine bewegliche Brücke zur Verbindung beider Ufer erbaut und dann eine neue Mündung etwas westlich der alten gegraben. Da der Bauleiter die Baustoffe der Steinkisten oder Bollwerke an der alten Mündung verwenden mußte, wurden diese im Februar 1687 durch Stürme zerstört und die Einfahrt verdorben, ohne daß die neue Mündung fertig war. 1688 konnte die Wipper an der alten Mündung durchdämmt und später mit Pfählen verrammt werden. Die neue Hafeneinfahrt war aber zu breit angelegt und so schlecht ausgegraben, daß sie voller Steine lag. Dies wird besonders an der Stelle der früheren Uferbefestigungen aus Steinkisten längs der alten Einfahrt der Fall gewesen sein. So versandete die gegrabene Einfahrt bis auf eine Rinne von $6^1/_2$ Fuß Tiefe auf nur 8 Fuß Breite, so daß Schiffe im Hafen scheiterten. Die Wipper zwischen Stadt und Münde verbreiterte und verflachte sich gleichzeitig immer mehr, so

daß sie auch für Boote nicht mehr schiffbar war. 1707 bildete sich schon die vierte Insel.

Nach dem Tode des Großen Kurfürsten stockte der Hafenbau einige Zeit; aber 1690 wurden die Arbeiten mit drei Kompanien Soldaten wieder aufgenommen. Man beschränkte sich darauf unter Verteilung der Kosten zu zwei Drittel auf das Amt und ein Drittel auf die Stadt, den Hafen möglichst imstande zu erhalten und die Nebeneinrichtungen zu verbessern.

Während früher die kurzen Molen aus Steinkisten, die „Nibben" oder „Nibbeken", auf ihrer Spitze kreuzförmige Baken trugen, befahl die Regierung 1715, auf jeder Seite am Strande Feuerbaken zu errichten. 1689 war eine Verordnung über Lotsengebühren erlassen, 1690 den Kaufleuten Lizentfreiheit gewährt, womit auch der Pfundzoll fiel, und 1668 an Stelle der 1641 gesetzten Holzpfähle zwei mit *FWC* 1668 gezeichnete Granitsteine als Lachsmarken je 60 Ruten von den Molen entfernt gesetzt. Diese Steine sind 1884 in die Köpfe der neuen Molen sichtbar eingemauert worden.

Die Lizentfreiheit der Rügenwalder Kaufleute wurde zwar 1695 wieder halb aufgehoben und auch der Pfundzoll wieder halb gezahlt, doch hob sich der Seehandel ein wenig, und ein regelmäßiger Verkehr mit Amsterdam fand durch mehrere Schiffe statt. Bis 1720 verkehrten selten 20 kleine Schiffe im Rügenwalder Hafen. 1707 hatte jeder Verkehr auf der Wipper bis zur Stadt aufgehört, und im Hafen war das Fahrwasser nur 5 bis 6 Fuß tief, so daß bei niedrigem Seestande kaum die Fischerboote aus- und einlaufen konnten. Auch die Ergiebigkeit des Lachsfangs beim Schlosse soll deshalb nachgelassen haben. Geld zu Baggerungen war aber nicht vorhanden. Eine wirkliche Wiederherstellung des Hafens erfolgte erst 1772 unter Friedrich dem Großen. Darauf stieg die Anzahl der jährlichen Schiffe auf etwa 65 in den Jahren 1772 bis 1781, auf etwa 400 in den Jahren 1865 bis 1867 und fiel auf 241 im Jahre 1906, weil darunter 130 Dampfer waren.

Die älteste Hafenkarte von 1791 zeigt an der Mündung die Strandlinie 225 m unterhalb der Klappenbrücke. Oberhalb der Brücke liegen auf dem rechten Ufer fünf Holzhöfe, darunter der Königliche, und auf dem linken Ufer die Ablage der Kaufleute (Text-Abb. 2).

Auf dem Hafenplane von 1836 reicht die Westmole 345 m und die Ostmole 328 m unterhalb der Brücke mit 9 m weiter Schifföffnung. Die Tiefe der Fahrrinne beträgt bis 80 m oberhalb der Brücke 6,10 Fuß = 1,91 m, in der Wipper nach der Stadt zu aber nur 3,3 Fuß = 1,04 m. Diese Tiefen zur Zeit des Übergangs des Hafens in den Besitz des Staates darf man als die natürlichen des Wipperflusses ansehen (Abb. 13 Bl. 31).

III. Übergang des Rügenwalder Hafens an den Staat.

Nach der Beendigung der Napoleonischen Kriege und dem Aufhören der Kontinentalsperre entwickelte sich der überseeische Verkehr sehr kräftig. Nicht allein die Zahl, sondern auch die Größe der Segelschiffe nahm schnell zu, und bald waren fast alle Seehäfen nicht nur zu eng, sondern auch zu flach für die gesteigerten Bedürfnisse und Ansprüche.

Der Handelsstaat Bremen erbaute 1827 bis 1830 den Hafenplatz Bremerhaven an der Außenweser mit einer Schleuse von 11 m Weite und 5,5 m Tiefe. Die preußische Regierung vergrößerte durch den Bau der gekrümmten Ostmole in Swinemünde in den Jahren 1818 bis 1823 die Einfahrttiefe von 9 Fuß = 2,82 m auf 19 Fuß = 5,96 m. Bereits 1813 bis 1815 hatte die preußische Verwaltung den wieder übernommenen Hafen Neufahrwasser durch Baggerungen mit Pferdebaggern von 2,9 m auf 4,7 m Tiefe zwischen den Molen gebracht. Diese Tiefe genügte aber nicht vollständig den gestiegenen Bedürfnissen, und vielfach mußten Schiffe auf der Reede leichtern. Deshalb stellte die Kaufmannschaft Danzigs schon 1817 und wiederholt 1836 bei der Regierung den Antrag, einen Dampfbagger für den Hafen Neufahrwasser zu beschaffen. 1838 wurde ein bis dahin in Swinemünde gebrauchter Dampfbagger nach Neufahrwasser gebracht. Auch zur Vertiefung des Stralsunder Fahrwassers war 1834 ein Dampfbagger beschafft (s. Bauausführungen des Preußischen Staates, Band 1, Seite 161).

Die Dampfkraft wurde sonach in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts für die Baggerungen zur Verbesserung der Seehäfen benutzt. Die Entwicklung der Dampfschiffahrt kam damals bei den vergrößerten Ansprüchen an die Seehäfen noch nicht in Betracht. Auf den deutschen Flüssen verkehrten 1825 schon Dampfschiffe, aber die überseeische Post wurde noch bis 1836 durch Paketsegelschiffe zwischen Liverpool und Neuyork besorgt, und erst 1847 trat Bremen mit zwei Raddampfern in regelmäßigen Verkehr mit Neuyork, während die gleichzeitig gegründete Hamburg-Amerikanische Paketfahrt-Aktiengesellschaft zunächst den Betrieb mit Segelschiffen aufnahm. In der Zeit um 1830 kamen sonach für die Verbesserung der Seehäfen nur die gesteigerten Abmessungen der Segelschiffe in Betracht.

In den staatlichen Häfen Neufahrwasser und Swinemünde waren die Hafenanlagen, wie oben gesagt, durch die Bauverwaltung verbessert worden, und die drei zwischenliegenden städtischen Häfen Stolpmünde, Rügenwalde und Kolberg mußten dadurch verhältnismäßig benachteiligt werden, obwohl auch sie von zahlreicheren und größeren Schiffen angelaufen wurden. Rügenwalde hatte zudem ebenso wie Kolberg und Kammin aus der Hansazeit die Freiheit vom Sundzoll für heimische Waren in eigenen Schiffen gerettet und besaß darin einen besonderen Anreiz zum Schiffbau. 1838 waren im Besitze der Rügenwalder Reeder 19 Seeschiffe, darunter drei von 1,88 m und eins von 2,5 m Tiefgang ohne Ladung. Auch nach Aufhebung des Sundzolles 1857 hielt die Entwicklung der Rügenwalder Reedereien an. Zwischen 1850 bis 1880 besaßen 16 Kapitäne eigene Schiffe von 45 bis 144 cbm Laderaum für den Stückgutverkehr zwischen Stettin und Rügenwaldermünde, und neben drei kleinen Reedereien schickte der größte Reeder Hemptenmacher 52 große Segelschiffe von 700 bis 1846 cbm Laderaum aus, die meistens außerhalb der Ostsee fuhren, zwischen Danzig, Memel, England, Nordamerika und sogar Ostindien. Durch Vermehrung der besonders in Kiel und Flensburg erbauten Frachtdampfer wurde aber dann das Frachtgeschäft der Segelschiffe so geschädigt, daß Hemptenmacher in den achtziger Jahren seine Schiffe verkaufte. Im dritten Viertel des vorigen Jahrhunderts hatten die Rügenwalder Reedereien sich zu weit über die Verhältnisse des Heimathafens entwickelt. Der Mangel einer schiffbaren Binnenwasserstraße mußte die Häfen Kolberg, Rügenwalde

und Stolpmünde hinter den staatlichen Nachbarhäfen dauernd zurückbleiben lassen. Ihr Hinterland war aber bei den zeitigen mangelhaften Wegeverbindungen auf die kleinen Ostseehäfen dringend angewiesen und verbürgte auch einen gewissen Umfang des Seeverkehrs, dessen Steigerung mit der Verbesserung der Hafenanlagen erwartet werden durfte. Die drei Städte waren jedoch im ersten Viertel des vorigen Jahrhunderts noch nicht einmal imstande, ihre alten Hafenwerke baulich zu unterhalten, viel weniger zu verbessern. Durch die Schulden aus den Kriegszeiten war die Leistungsfähigkeit der preußischen Städte verkrüppelt, und die Hafengefälle deckten nicht die notwendigsten Unterhaltungskosten.

Rügenwalde nahm jährlich nur 900 bis 1200 Mark Hafengebühren ein, und nach einem Kostenanschlage vom 16. Juli 1825 waren zur Ausbesserung der beiden Molen und der Bollwerke in Rügenwaldermünde 11283 Mark erforderlich. Gleichzeitig war noch am Oststrande im Anschlusse an die Ostmole eine 70 Rth. = 263,6 m lange Steinbarre (vgl. den Hafenplan von 1836, Abb. 13 Bl. 31) für 20419 Mark aufzuführen. Die erstgenannten Ausbesserungsarbeiten wurden von der Stadt im Jahre 1825 ausgeführt, im folgenden Jahre die Steinbarre aber zu $^4/_7$ als Uferschutzwerk vom Staate bezahlt. Jedes Jahr ließ die Regierung die städtischen Häfen durch einen Bauinspektor besichtigen und wichtigere Arbeiten veranschlagen. Über die Steinbarre neben der Wurzel der Ostmole hat sogar die Königliche Oberbaudeputation in Berlin unter dem 9. Oktober 1825 ein Gutachten abgegeben. Die Sorgenstelle der Hafenanlagen in Rügenwaldermünde ist schon auf dem Plane von 1791 (Text-Abb. 2) erkennbar. Dieser zeigt östlich der Ostmole eine ausgespülte Strandbucht von 140 m Breite. Beachtenswert ist, daß die Staatshilfe nicht bei den Hafenanlagen in Rügenwaldermünde, sondern bei der Befestigung des Oststrandes einsetzte.

Die Mündung der Wipper ist mit sehr mäßigen Mitteln unterhalten worden. 1826 befanden sich im Hafenbesitzstand nur sieben eiserne Bagger (d. h. Handschaufelbagger), ein Krauthaken und zwei Sandkratzen. Am schlimmsten lagen die Verhältnisse in Stolpmünde, wo mit zwei Sackbaggern 2 m Tiefe nicht erreicht werden konnte, während in Kolberg ein Pferdebagger 2,5 bis 3 m Tiefe erzielte. Nachdem der Staat mehrere Jahre schon Zuschüsse zu den Ausbesserungen der Bollwerke in Stolpmünde gewährt hatte, übernahm er am 22. Dezember 1831 den Hafen von der Stadt Stolp. Kolberg stellte bereits am 7. Juni 1832 den Antrag auf Übernahme des Hafens und übergab ihn am 22. Februar 1837 an den Staat. Die Übergabeverhandlungen der Nachbarstädte müssen in Rügenwalde aufmerksam verfolgt worden sein; denn man zog augenscheinlich die Folgerung, nach der besonderen Anstrengung im Jahre 1825 möglichst wenig für den Hafen aufzuwenden, wie sich aus der Vergleichung der staatlichen Zuschüsse, die seit 1826 bekannt sind, in den ersten vier Jahrfünften erkennen läßt. Die Ausgaben des Staates für die Rügenwalder Hafenbauten betrugen:

1826 bis 1830	14596,75 Mark
1831 „ 1835	1659,13 „
1835 „ 1840	750,00 „
1841 „ 1845	106890,53 „

Nachdem der Staat am 31. Mai 1840 den Rügenwalder Seehafen an der Wippermündung übernommen hatte, wendete er im ersten Jahrfünft sechsmal mehr auf als in den drei vorangegangenen Jahrfünften. Trotz der geringen Aufwendungen seit 1831 zeigt die Hafenkarte von 1836 (Abb. 13 Bl. 31) eine Einfahrttiefe von etwas über 2 m. Nach Abb. 14 Bl. 12 in der Zeitschrift für Bauwesen 1897 hatte der Hafen Stolpmünde eine Einfahrttiefe von 1,6 m beim Übergange in die Staatsverwaltung 1831. Der Kolberger Hafen hatte desgleichen 1837 nach Abb. 8 Bl. 15 in der Zeitschrift für Bauwesen 1899 eine Einfahrttiefe von 2,5 m (vgl. hierzu die Größe der Flußgebiete usw. auf Seite 306).

Im Hafenplan von 1836 (Abb. 13 Bl. 31), welcher den Ort Rügenwaldermünde und den Hafen fünf Jahre vor seiner Übergabe an den Staat recht vollständig darstellt, sind die 1873 bis 1884 erbauten neuen Molen gestrichelt eingezeichnet worden, um die Abmessungen der verschiedenen Molenbauten vergleichen und die Veränderungen der Tiefenlinien durch die neuen Molenbauten verfolgen zu können.

Durch den Vertrag vom 31. Mai 1840 übernahm die Regierung den Hafen von der Grabowmündung bis zur Ostsee nebst Bohlwerken und Molen, der Zugbrücke und 1,4283 ha Holz- und Lagerhöfe unentgeltlich. Nur für die Baugeräte, worunter ein Steinhebeprahm und zwei Rammen sich befanden, wurden 501,28 Mark vergütet. Die Beschränkung des Hafengebietes auf den Flußlauf der Wipper unterhalb der Grabowmündung beweist, daß die Schiffahrt bis zur Stadt aufgehört hatte und damals gänzlich aufgegeben wurde. Rügenwalde hatte schon lange vor Übergabe des Hafens Rügenwaldermünde an den Staat aufgehört selbst eine Hafenstadt zu sein und auf dem rechten Ufer der Wipper zur Verbindung mit dem Hafen eine fast 3 km lange Landstraße nach der Münde angelegt. Die Wipper an der Grenze der Stadt hatte 1836 etwa 0,8 m Tiefe, die bis zur Münde auf 1,1 m stieg. Am unteren Ende einer Flußverbreiterung vor den Holzhäfen stieg die Tiefe über 2 m und durch Auskolkungen an der Bollwerkecke auf 3,7 m (Abb. 13 Bl. 31). Die 1684 bis 1688 neu gegrabene Mündungsstrecke war mit Bollwerken aus Steinkisten eingefaßt, und auch die beiden Molen bestanden aus Steinkisten. Ein Hafenplan von 1818 zeigt die Ostmole um 50 m länger als die Westmole, 1820 aber wurde diese, wie der Plan von 1836 (Abb. 13 Bl. 31) zeigt, um rund 20 m über die Ostmole verlängert und erhielt am Seeende eine Spitzkiste, wie die Ostmole 1815. Mit dem Übergange der Hafenanlagen an den Staat schließt der Bau von Steinkisten, welcher besonders in Travemünde und Kolberg jahrhundertelang ausgeübt wurde. Wo die Holzwände der Steinkisten nicht vom Bohrwurme zerstört werden, also in der Ostsee und in Süßwasserseen, besitzt der Steinkistenbau wesentliche Vorzüge. Die Steinkisten bieten lotrechte Wände an den Ladestellen und lassen sich in die See mit den einfachsten Geräten einbauen. Besonders zu beachten ist, daß freistehende Wellenbrecher aus geflößten Steinkisten verhältnismäßig leicht ausführbar sind. In den Binnenseen der Kolonien kommt ihre Verwendung zurzeit wieder in Frage. Die Hafendämme an den großen Binnenseen Nordamerikas, denen die Ostsee geologisch nahe steht, sind größtenteils aus gut verbundenen Steinkisten errichtet. 1897 wurde ein Hafendamm in Kleveland am Eriesee auch mit einer Kronenmauer ausgeführt, nachdem die Fugen der Steinkisten so angeordnet waren, daß die Hölzer gegen Ausreibungen durch den Sand

der Brandungswellen möglichst gesichert sind. — Auf der benachbarten dänischen Insel Bornholm werden die Steinkisten zu kleinen und großen Hafenmolen zurzeit noch immer verwendet, obwohl die Balkenhölzer aus Schweden und Rußland eingeführt werden müssen. In Rönne z. B. sind 1907 neun Steinkisten 10 m lang und 6 m breit in 6 m Tiefe versenkt worden. Durch schräge Anlage der Querwände erhalten die Kisten trichterförmig nach unten erweiterte Abteilungen nach Form der Senkbrunnen, während die seeseitigen Blockwände und die Endwände lotrecht angelegt werden. Wie die neuzeitlichen preußischen Ostseemolen aus zwei Pfahlreihen mit Steinschüttung erhalten die Bornholmer Steinkisten über M.W. eine volle Granitsteinmauer. Die entsprechende Entwicklung wurde in den Ostseehäfen Preußens durchbrochen, weil beim Ausbau des Swinemünder Hafens der Faschinenbau aus der Nordsee und von den Strombauten übernommen war. Dies führte im ersten Viertel des vorigen Jahrhunderts zur Dammform statt der Mauerform der Molen.

IV. Die ersten Bauausführungen des Staates in Rügenwaldermünde.

Durch Vertrag vom 31. Mai 1840 hatte der Staat den Seehafen an der Wippermündung von der Stadt Rügenwalde übernommen und begann die Bauausführungen zur Ausbesserung und Verbesserung der Hafenanlagen am 14. April 1841.

Veranschlagt waren für:

Instandsetzung der Westmole	16147 Mark
Instandsetzung des westlichen Bollwerks .	9167 „
Instandsetzung der Ostmole	2134 „
Instandsetzung des östlichen Bollwerks .	1175 „
Herstellung eines Winterhafens nebst Beschaffung einer Baggermaschine . . .	22164 „
Insgesamt	50787 Mark.

Von dieser Summe wurden 30000 Mark für 1841 zur Verfügung gestellt. Zunächst mußten die Baugeräte beschafft werden, z. B. drei Rammen, vier Prahme und die in Berlin für 2316 Mark erbaute Baggermaschine. Ende Mai war der Handbagger betriebsfähig und entfernte zunächst eine Sandbank oberhalb der Klappenbrücke; 23 Schiffe waren verhindert gewesen, die Löschplätze zu erreichen. Die Handbaggermaschine förderte unter einem Baggermeister mit zehn Arbeitern täglich bis 40 cbm Sand. Im ersten Baujahre wurde sie nur zu Aufräumungen im Wipperhafen und beim Neubau des Winterhafens verwendet. Hier mußte zunächst für die Sinkstücke des Mitteldammes zwischen Wipper und Winterhafen eine Tiefe von 6′ = 1,88 m gebaggert, und dann der größte Teil der Hafenfläche auf gleiche Tiefe gebracht werden.

Die Beschaffung der Baustoffe verursachte der neuen staatlichen Bauverwaltung teilweise größere Schwierigkeiten. Am leichtesten war der Bezug der Bauhölzer und des Tauwerks von längst eingearbeiteten Unternehmern; Kies wurde vom Weststrande angefahren und Lehm teilweise aus dem Ballastboden der Schiffe von Kopenhagen gewonnen. Zum Werben von Waldfaschinen mußten die Arbeiter erst angelernt werden. Die Beschaffung von Granitsteinen blieb aber jahrelang schwierig. In der fruchtbaren und gut angebauten Umgegend waren die kleineren Findlinge des verbreiteten Geschiebemergels zu den Grundmauern von Gebäuden und zu Wegebauten aufgebraucht, und die größeren Granitsteine tief in den Ackerboden vergraben worden. Dort mußten sie mit Schürfeisen gesucht, aufgegraben, ausgewuchtet und an die Wege geschleift werden. Dies kostete mindestens 2 Mark f. 1 cbm, abgesehen von dem Sprengen der größeren Steine in den offenen Gruben durch die Hafenbauverwaltung. Für das Anfahren der 0,4 bis 0,75 cbm großen Granitsteine von den Feldmarken nach dem Hafen wurden 10 bis 15 Mark f. 1 cbm gefordert und zuletzt 6 Mark f. 1 cbm gezahlt, nachdem den Fuhrleuten ein Sägebock zum Aufladen überlassen war. Eine geringe Menge Findlinge wurden an den Ufern des nahen Vitter Sees ausgegraben; sie stellten sich aber nicht billiger. Der Bezug von gezangten Granitsteinen auf dem Seewege gelang nur mit Pflastersteinen vom Ufer bei Jershöft und bei Funkenhagen her. Einige Steinschiffer in Neufahrwasser und Swinemünde versprachen größere Steine in der Ostsee zu zangen und nach Rügenwaldermünde zu bringen, wenn rd. 2 m Tiefe der Einfahrt vorhanden wäre. Trotzdem nun der Bagger vom 2. Mai 1842 an bei gutem Wetter stets im Seegatt baggerte, ist diese Tiefe nur zweimal vorübergehend erreicht worden. Nach jedem Sturme war die Hafentiefe nur 5′ = 1,57 m infolge Eintreibens von Sand durch und über die sehr mangelhafte Westmole. So blieb die Bauverwaltung wesentlich auf den Bezug der Findlinge aus der Umgegend angewiesen, gewann übrigens selbst einen großen Teil der erforderlichen Steine durch Auszangen im Hafenschlauche und benutzte in den Steinkisten vorhandene größere Steine zu den neuen Abdeckungen. Die Schwierigkeit der damaligen Steinebeschaffung ergibt sich auch aus dem Vergleiche der damaligen Preise mit den jetzigen. Für Granitsteine wird jetzt nicht mehr als 1842 gezahlt; das Bauholz aber kostet jetzt dreimal so viel, und auch die Arbeitslöhne sind auf das Dreifache gestiegen.

Für den Winterhafen ergab sich am passendsten eine bereits zur Winterlage benutzte Wasserfläche oberhalb der Klappenbrücke am linken Ufer, wo eine alte Einmündung der Grabow durch den bei Sturmfluten eingehenden Strom nach der Grabowniederung zu ausgeweitet war. Zwischen diesem Winterhafen und der Wipper baute man zunächst auf 5,6 m breiten Sinkstücken einen Faschinendamm und schlug durch ihn eine Gordungswand auf der Hafenseite (Abb. 1 Bl. 31). Diese wichtige Arbeit wurde im ersten Baujahre vollendet. Im folgenden Jahre wurde der Mitteldamm nach Versackung wieder mit Faschinen aufgehöht und in der Krone abgepflastert. Auf der Landseite erhielt der Winterhafen ein billiges Bollwerk aus 4,4 m langen, 12:1 geneigten Rundpfählen mit rechteckigem Holme, dessen Oberkante nur 0,31 m über M. W. lag. Hinter einer Berme von 1,88 m Breite stieg eine Böschung 1:3 zur Geländehöhe des neuen Hafenbauhofs an. Hinter die Rundpfähle wurden Senkfaschinen gebracht, und deren Zwischenräume mit Wacholderstrauch und Lehm oder Moorerde gedichtet. Solche Dichtung mit Wacholderstrauch wurde ebenfalls bei der Ausbesserung alter Bollwerke angewendet. Auch zu den Strauchzäunen am Oststrande, welche vor dem Übergange der Stranddünen an die Hafenbauverwaltung von den einzelnen Dörfern der Strandkreise unter Leitung der Oberförster angelegt wurden, war in der Regel der jetzt seltene Wacholderstrauch verwendet worden.

Auf dem rechten Wipperufer unterhalb der Klappenbrücke wurden 1842 zwei Löschstellen vor den privaten

Speichern für Schiffe und zwei andere für Boote angelegt. Erstere lagen (6' =) 1,88 m hoch, letztere nur (3' =) 0,94 m hoch und wurden in die alten Bollwerke eingeschnitten. Von ferneren Einrichtungen sind zu erwähnen: eine Lotsenglocke für das Herbeirufen der Lotsen und Lotsenruderer zum Ein- und Auslotsen eines Schiffes, eine Bake auf jedem Molenkopfe, ein Signalmast auf der Ostmole und ein Gangspill auf jeder Mole, sowie viele Anbindepfähle. Alle Verbesserungen der inneren Hafeneinrichtung hatten jedoch nur geringen Erfolg, da die Fahrtiefe nicht vergrößert wurde.

Die Schwierigkeiten der Schiffahrt werden durch einen Bericht vom Mai 1842 beleuchtet, der mit Genugtuung hervorhebt, daß ein Rügenwalder Schiffer das Auslaufen innerhalb eines Tages bewirken konnte. Auch durch die 1842 tatkräftig betriebene Ausbesserung der Westmole wurde keine merkliche Abnahme der Versandungen des Hafenschlauchs erreicht. Während der Ausbesserungsarbeiten an den Steinkisten wurde vielmehr die Notwendigkeit größerer Ergänzungen stets deutlicher erkannt. Außer den augenfälligen Mängeln der hafenseitigen Blockwände der Steinkisten in den versandeten Molen und anschließenden Bollwerkstrecken fanden sich die landseitigen Blockwände der Steinkisten über M. W. verfault und die Zangen zwischen beiden Wänden wirkungslos geworden. Die Befestigung dieser Zangen durch Einkämmen in die Blockwände hatte die erste Ursache der Zerstörung gebildet. Während die Hölzer noch gesund waren, rieb der Sand in den Wellen beim fortwährenden Durchfließen durch die Fugen des Holzwerks nicht allein die Kopfenden der Zangen, sondern auch die Kammstellen der Blockwandbalken aus, so daß die Zangen den Halt verloren, in den Blockwänden Löcher entstanden und der vom Weststrande entnommene Füllungskies durchgespült wurde. Nach dem Versacken der Steinfüllung wurden die oberen Hölzer der Blockwände von den Wellen fortgeschlagen und der Sand in den Hafen geworfen.

Als im zweiten Baujahre die Baggerungen im Seegatt begannen, wurde zunächst die Ausbesserung und Aufhöhung der Westmole tatkräftig gefördert. Ihre Reste reichten kaum über den Sandstrand, und größere Teile der Steinkisten waren mit Sand gefüllt. Der Sand in und hinter den Steinkisten wurde ausgegraben, bis Mittelwasser wurden Faschinen eingefüllt und diese durch Kies und Steine belastet. Das Dichten des Molenkörpers gegen Durchtreiben des Sandes war das erste Ziel. Die Krone wurde mit 0,6 m hohen Granitsteinen abgepflastert. Die äußersten 41 m der Westmole sind 1842 derart überbaut, und ihr Kopf ohne besonderen Ausbau durch Steinschüttung gegen Unterspülung gesichert worden.

Die Steinkisten des Westufers sollten nun ebenfalls eine neue Steinpackung nach einem älteren Anschlage vom 23. Dezember 1837 erhalten; aber die Hölzer über M. W. waren inzwischen so angefault, daß die Steinfüllung keinen Halt gehabt hätte. Auch auf der Ostseite waren nur die obersten einmal erneuten Hölzer mäßig brauchbar, die anderen bis M. W. abwärts verfault. Als der Bauleiter die Umarbeitung des Entwurfs in Faschinenbau mit Steinabdeckung in Erwägung zu ziehen begann, brachte der Nordwest-Orkan zu Neujahr 1843 die Entscheidung. Dabei erreichte der Wasserstand eine Höhe, die 0,3 m unter dem bekannten höchsten Hochwasser zurückblieb. Die Bollwerke in der Münde und die Gärten vor der Stadt wurden überschwemmt, die Dünen östlich des Hafens durchbrochen, und die See strömte oberhalb der Münder Holzplätze in die Wipper und in die Grabowniederung. Die neu angelegten Strandpflanzungen wurden zerstört, aber die neu abgedeckten Teile der Westmole hielten sich ziemlich gut. Dagegen wurden alle Hölzer der alten Steinkisten über Mittelwasser fortgespült und bis an die Stadt über die Wiesen verschwemmt. Der obere Teil der spitzen Steinkiste am Ostmolenkopf brach in M. W. ab und wurde in fünf Balkenhöhen zusammenhaltend auf die östlich anschließende Steinbarre geworfen.

Nach diesen Erfahrungen wurde der Umbau der Ostmole nebst einer zweckmäßigen Verlängerung in Dammform nach den Vorbildern in Swinemünde und Kolberg bearbeitet. Wie die gestrichelte Darstellung auf dem Hafenplane von 1843 (Abb. 1 Bl. 31) zeigt, wurde der weitere Umbau der teilweise ausgebesserten Westmole in der gleichen Art geplant und ein Flügeldeich an der Wurzel der Westmole gegen das Überschwemmen des Strandsandes hinzugefügt. Während der Bearbeitung dieser Verbesserungen wurde zu Ende des Winters 1842/43 bei einem niedrigen Wasserstande der Zustand der unteren Teile der Steinkisten genauer untersucht. Da ergab sich, daß nur die Steinkisten an den Molenspitzen als Sinkkisten erbaut waren. Die Steinkisten der hinterliegenden Molenstrecken waren auf flachem Sandgrunde in teilweise nur 0,25 m Tiefe gezimmert und aufgebaut. Sie hatten sich durchgehends hafenseitig gesenkt. Gegen Unterspülen waren sie durch Spundwände in etwa 1 m Abstand und Steinschüttungen zwischen der Spundwand und der vorderen Blockwand notwendig gesichert worden. Solche Leistungen der früheren städtischen Hafenverwaltung bildeten das traurige Ende des Steinkistenbaus.

V. Die ersten staatlichen Molenbauten in Rügenwaldermünde.

Der Umstand, daß die Steinkisten zu den Molen meistens auf den sandigen Untiefen an der Hafenmündung aufgezimmert waren, vereitelte ihre dauernde Unterhaltung durch Erneuerung der von Stürmen zerschlagenen oberen Bauteile. Günstiger waren die Verhältnisse bei den städtischen Steinkisten in den Uferbollwerken. Die stromseitige Blockwand war tiefer angelegt, die Angriffe der Wellen auf sie waren schwächer, und das Ausreiben der Fugen an den Verbindungsstellen der Kistenhölzer durch den Sand im brandenden Wasser war viel mäßiger als an den Steinkisten der Molen. Nur die landseitige Blockwand der Bollwerkkisten war dem Verfaulen stärker ausgesetzt.

Die Füllung wurde nach Abb. 16 Bl. 31 aus Wacholderstrauch und darüber Schüttsteinen auf der Flußseite und Strandkies auf der Landseite neu hergestellt. Die Abdeckung von 0,47 m Höhe bestand über den Kisten aus großen Pflastersteinen und dahinter aus einer Mischung von $^2/_3$ Kies mit $^1/_3$ Lehm. Gegen Einstürzen in die Wipper wurden die alten Steinkisten der Uferbollwerke durch vorgeschlagene und verankerte Pfähle gesichert. Diese Pfähle im Abstande von 3,14 m wurden durch Holzanker mit eisernem Bügel stromseitig und eichenem Keil landseitig gehalten. Wo die hintere Blockwand der Kiste verfault war, wurde der Ankerkeil hinter zwei eingerammte Rundpfähle geschlagen. Diese Ausbesserung der Ufersteinkisten nach Abb. 16 Bl. 31 wurde noch

1854 ausgeführt. Daneben wurden einzelne abgängige Bollwerkstrecken seit 1842 aus Pfählen mit Holm in 1,88 m über M. W., einem Gurtholz in 0,63 m über M. W. und Hintersetzungsbohlen hergestellt. Diese wagerechten Bohlen konnten nur bis zur zeitigen Flußufersohle hinab angebracht werden und wurden mit Lehm hinterfüllt.

Beide Arten von Bollwerken litten bei allen Stürmen durch Versackungen der Hinterfüllung und Hinterwaschungen. Als die Stürme vom 13. bis 14. November 1854 und vom 2. bis 3. Januar 1855 die Hinterfüllungen bis fast an die Häuser fortgerissen hatten, wurden aus dem Vorrate von Spundbohlen zu neuen Bollwerken des zu erweiternden Winterhafens die Bohlenbollwerke an der Wipper mit 3,77 m unter M. W. langen Spundwänden versehen. Damit war die Form der noch gebräuchlichen Bollwerke im wesentlichen erreicht.

Nach der Ausbesserung der Westmole auf 41,5 m Länge mit Faschinenpackung und Deckpflaster im Jahre 1842 wurde infolge des Neujahrsturmes 1843 der Ausbau beider Molen in Dammform aus Faschinen mit Deckpflaster veranschlagt. Der verdienstvolle Oberleiter der Molenbauten in Swinemünde, Geheimer Oberbaurat Severin, setzte unter dem 20. Oktober 1843 als Baukosten an für 151 m Ostmole 65550 Mark, 64 m Westmole 45926 Mark, 71 m westlichen Seedeich 4458 Mark, zusammen 115970 Mark. Die Böschungen der Molen waren seeseitig 1:3 und unter M. W. 1:5, stromseitig 1:2 und unter M. W. 1:3. Die Krone von 2,77 m Breite lag 1,88 m über M. W. und stieg bis zu den Molenköpfen auf + 2,20 m M. W. Da sie überall um 0,16 m bogenförmig überhöht war, lag die Kronenmitte von + 2,04 bis + 2,36 m M. W. Der Seedeich zum Anschlusse der Westmole an die Dünen erhielt ebenfalls dreifache Böschung, die mit 0,63 m hohen Decksteinen auf 0,47 m Schüttsteinen und Kies abgepflastert wurde; die Krone stieg von + 1,88 m M. W. auf + 3,14 m M. W. beim Anschlusse an die Dünen. Hinter 1,88 m breitem Kronenpflaster wurde eine Nesterpflanzung angelegt. Dieser Seedeich wurde erst nach teilweiser Vollendung der Westmole begonnen, da seine Stelle als Lagerplatz benutzt werden mußte. Dann hatte der Strand so weit sich vorgeschoben und erhöht, daß nur 49 m Seedeich auszuführen waren.

Die oben in den Umrissen angegebenen Querschnitte der Molen wurden verschieden ausgebaut, wie die Abb. 6 bis 12 und 14 Bl. 31 darstellen. Auf den landseitigen Strecken konnten noch Teile der alten Steinkisten eingebaut und mit Schüttsteinen ausgefüllt werden, besonders auf der Hafen- oder Stromseite. Die hafenseitige Einfassung der neuen Molen geschah durchweg durch eine Gordungswand, und alle vor ihr liegenden Teile der alten Steinkisten mußten aus dem Fahrwasser entfernt werden. Dabei machten die Kistenhölzer keine Schwierigkeiten, aber sehr große die nachträglich vor die Steinkisten geschlagenen Schutzpfähle. Jahrelang konnten besonders neben dem neuen Westmolenkopfe einige Schutzpfähle nicht ausgewuchtet werden, verengten die Hafeneinfahrt von 24 m auf 18,5 m und mußten nach Vergrößerung der Wassertiefen über dem Grunde abgestemmt werden. Sinkstücke wurden beim Weiterbau nach See zu zunächst auf der Seeseite nötig und erstreckten sich in der Nähe des Kopfes über die ganze Molenbreite als Unterbau. Darüber wurde der Querschnitt durch Faschinenpackung und durch Schüttsteine ergänzt, und zur Abdeckung erhielten Krone und Böschungen ein Deckpflaster von 0,79 m bzw. 0,94 m Stärke. In Mittelwasserhöhe wurde das Deckpflaster durch eichene Kastenpfähle auf beiden Böschungsflächen gehalten. Besondere Sicherungen des Fußes dieses Deckpflasters auf der Sohle waren nicht vorgesehen; sie bildeten sich aber durch übergerollte Steine.

Für diese Molenbauten hatte man drei Baujahre in Aussicht genommen. Der Ausbau der Ostmole dauerte jedoch sieben und die Verlängerung der Westmole zehn Jahre. Im Februar 1844 wurden die Lieferungen verdungen, und alle Baustoffe sind aus der Umgegend bezogen worden. Die Forsten der näheren Umgebung konnten die erforderlichen Faschinen nicht abgeben, und zuletzt mußte Strauch aus Krangen, 34 km in der Luftlinie entfernt, bezogen werden. Die Schütt- und Füllsteine konnten zum Teil von der Bauverwaltung aus und vor der Hafenmündung gezangt werden, wo die Reste der früheren Steinkisten ein großes Steinriff nur 0,8 m unter M. W. gebildet hatten. Der Rest wurde von Küstenfahrern bei Vitte und Jershöft vom flachen Ostseegrunde in der Nähe des Strandes entnommen. Dies war nur für die Anlieferung zum Hafenbau gestattet worden. Die größten Schwierigkeiten machte die Beschaffung der großen Decksteine. Der Unternehmer für die Anfuhr der auf den Feldern ausgegrabenen und von der Bauverwaltung gesprengten Findlinge blieb jahrlang im Rückstande, obwohl die Chaussee von Rügenwalde nach der Münde 1844 vollendet war. Um die Sinkstücke möglichst gegen Fortschlagen durch Stürme zu sichern, mußten auch viele größere Steine zu deren vorläufiger Deckung verwendet werden. Immerhin kamen während der langen Bauzeit verschiedene Zerstörungen der Endsinkstücke vor. Besonders wertvoll war unter diesen Verhältnissen, daß es der Bauverwaltung gelang, größere Mengen Findlinge aus dem Vitter See zu heben. Zwei alte Prahme wurden den Strand entlang nach dem Vitter Tief getreidelt und dort übergerollt. Von dem Doppelprahme aus wurden die Findlinge vom Grunde gehoben, an einer Ladebrücke ausgeladen und bei Frostwetter über die Wiesen nach dem Hafen gefahren.

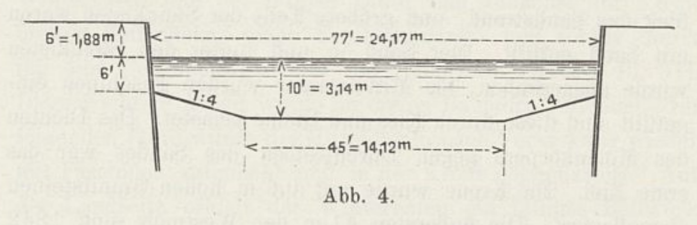


Abb. 4.

Von den besprochenen Molenbauten ist zurzeit noch die Westmole innerhalb des neuen Vorhafens in Rügenwaldermünde erhalten; sie begrenzt jetzt die sogenannte Hafenenge und trägt die Nebelglocke. Die Text-Abb. 5 zeigt den heutigen Zustand von der Seeseite aus gesehen, die Gordungswand vor dem alten Kopfe ist später hinzufügt worden, wie Abb. 7 Bl. 31 erkennen läßt. Der Lageplan Abb. 15 Bl. 31 zeigt die Beschädigungen durch die Stürme im Januar 1855, besonders an dem Deckpflaster der Molenköpfe und an den Schüttungen großer Steine vor den Köpfen, welche an den seeseitigen Böschungen entlang gerollt waren. Zerstört waren 233 qm Deckpflaster auf dem Ostmolenkopfe, verrollt an der Ostmole die stark gezeichneten 50 qm und an der Westmole 25 qm Steinwürfe. Man erkannte, daß die aus gerundeten

Findlingen gesprengten großen Decksteine zu leicht ins Rollen kamen und zog vor für den dreifachen Preis rechteckige Steine von 0,94 m Höhe und mindestens 0,62 cbm Inhalt aus schwedischen Steinbrüchen zu beziehen.

Auf den neuen Molenköpfen wurden Baken und Landfesten errichtet, wie Abb. 7 u. 12 Bl. 31 erkennen lassen.

Oberhalb der Hafenanlagen wurden 1845 Eisbrecher mit geneigten Holmen in die Wipper eingebaut, besonders zum Schutze der alten hölzernen Klappenbrücke. Diese Brücke wurde dann 1849 mit der früheren Weite umgebaut. Die Durchfahrtöffnung war nach der Entwurfzeichnung zwischen den Mitteljochpfählen 10,3 m, aber zwischen den Klappenauflagern nur 9,73 m weit. In einem Berichte aus 1843 war die Weite zu 8,79 m angegeben. Diese Abweichungen erklären sich durch verschiedene Auffassungen der Durchlaßweite: zwischen den Schrammbohlen, den gehobenen Klappen usw.

Die in zu schneller Fahrt einlaufenden Segelschiffe wurden hinter den Molenwurzeln durch das Hafentau gehemmt. Dies war 60 m lang und 242 mm im Umfange und wurde auf der Ostmolenwurzel an einem Stopppfahle befestigt. An einem gegenüberstehenden Pfahle hinter der Westmolenwurzel wurde es einmal umgeschlagen und von mehreren Leuten gefiert. Die vom Hafentau gefaßten Schiffe drehten sich gewöhnlich und kamen beim Weiterlaufen halb breitseits um so schneller zum Stillstande. Ein gleiches Tau war in Stolpmünde, aber nicht in Kolberg im Gebrauch.

Der grobe Strandkies, welcher wegen seiner geringen Kosten zur Ausfüllung der unteren Teile der Steinkisten verwendet worden war, wurde massenhaft bei Zerstörungen der Steinkisten in die Hafenmündung getrieben und bildete dort Untiefen bis 1,47 m herab. Zu deren Entfernung erwies sich die Handbaggermaschine nicht kräftig genug. Man rüstete deshalb einen Prahm mit Baggerhacken und Baggerkratzern als Kätscher-Bagger aus und hob später auch die in die Hafenmündung geworfenen Steine mit den Auslegerbäumen auf diesem Prahme.

Im Jahre 1849 wurden ein Pferdebagger und drei feste Prahme beschafft und 1850 in Betrieb genommen. Besetzt waren die Pferdebagger und die drei festen Prahme mit einem Baggermeister, 30 Arbeitern und sechs Pferden. Vier Pferde waren angespannt und zwei ruhten. Der gebaggerte Boden wurde aus den Prahmen nach dem Ballastplatze verkarrt und bei ruhigem Wetter auch auf See über Bord geworfen, nachdem man den Prahm mit Warpankern auf die Reede hinaus gezogen hatte.

Baggerungen im Seegatt waren 1850 nicht erforderlich, da durch die fast vollendeten Molen die Tiefe auf 10 bis 12 Fuß = 3,14 bis 3,77 m vergrößert war. Erst 1851 wurde sechs Tage im Seegatt gebaggert, um die Tiefe auf 3,14 m durchweg wieder herzustellen. Der Querschnitt zwischen den Bollwerken wurde nach Text-Abb. 4 festgesetzt. Der Fortschritt unter staatlicher Verwaltung läßt sich auch an der Leistungsfähigkeit der Bagger erkennen. Unter städtischer Verwaltung konnte täglich eine Schachtrute = 4,45 cbm gebaggert werden; und der von der Staatsbauverwaltung beschaffte Handbagger leistete täglich 8 Schachtruten. Mit dem Pferdebagger wurden täglich bis 24 Schachtruten = 107 cbm gebaggert. Seine Betriebskosten haben 1851 durchschnittlich 0,61 Mark für 1 cbm Baggerboden betragen.

Abb. 5. Zeitiger Zustand der alten Westmole aus 1844 bis 1854.

VI. Der Ausbau des alten Hafens in Rügenwaldermünde.

Die Staatsbauverwaltung hatte nach Übernahme des Hafens von der Stadt 1840 nicht allein die Instandsetzung der Molen und Bollwerke und die Verbesserung dieser Bauten sowie des Fahrwassers durchgeführt, sondern auch von vornherein die Ergänzung der Hafenanlagen durch Herstellung eines Winterhafens übernommen. In zwei Jahren wurde dieser in einem weiten Nebenarme der alten Grabow ausgebaggert und im unteren Teile durch einen Faschinendamm mit Steinabdeckung von der Wipper abgetrennt. Bald erwies sich dieser Hafenteil zu klein, weil zu den 20 Segelschiffen der Rügenwalder Reeder und zu den 24 Küstenfahrern zwölf Fahrzeuge der Hafenbauverwaltung, darunter das Pferdebaggerschiff von 20,4 m Länge und 7,7 m Breite, hinzugekommen waren. Der größte Mangel der ersten Anlage bestand aber darin, daß der Winterhafen nicht gegen die alte Grabow abgeschlossen war und gleichsam als unterer Teil dieses Flußarmes vom Hochwasser durchströmt wurde.

Ende 1853 wurde eine Erweiterung und Umwallung des Winterhafens für 39070 Mark genehmigt. Die neue Anlage sollte eine hochwasserfreie Einschließung im Süden und Osten erhalten, und der daneben erübrigte Baggerboden

zur Ausfüllung der unteren Strecke der alten Grabow verwendet werden. Im Jahre 1856 war der verbesserte Winterhafen vollendet (Abb. 2 Bl. 31) und hatte 312 m Bollwerke mit 3,77 m langen und 15,7 cm dicken Spundwänden erhalten. Gleichzeitig war die Fahrtiefe des ganzen Hafens bis zu 8' = 2,67 m vergrößert worden, und der Schiffsverkehr hob sich schnell. Im Herbste 1856 waren einmal 50 Schiffe gleichzeitig im Hafen, der Tagelohn stieg von 1 Mark auf 2 Mark, und der Hafenbauverwaltung fehlten die Arbeiter.

Die im Winterhafen geschlagenen Dalben aus zwei eichenen Schrägpfählen mit einem kurzen Holme wurden 1866 durch solche aus fünf kiefernen Pfählen, einem Mittelpfahle und vier Schrägpfählen, ersetzt, und die Gordungswand am Mitteldamme zwischen dem Winterhafen und der Wipper erhielt 1867 über der Steinabdeckung des Sinkstückdammes in M.W.-Höhe eine Bohlenverkleidung, um den Wellenschlag vom Winterhafen bei höheren Wasserständen abzuhalten.

Oberhalb des Winterhafens mußte ein kurzer Floßkanal (Abb. 2 Bl. 31) erbaut werden, um die Holzlagerplätze eines Reeders, die an der alten Grabow lagen, nach ihrer Durchdämmung wieder zugänglich zu machen. Benutzt scheint dieser Floßkanal nicht zu sein. Er wurde aber durch das Frühjahrshochwasser von 1856 stark ausgespült und verbreitert. Bei starkem WSW.-Winde war das Gefälle in der Wipper zwischen der Grabowmündung und dem Floßgraben besonders groß, während auf den Wiesen der Grabowniederung der Wasserspiegel von der Grabow nach dem Floßkanale hin durch den Wind gestaut wurde. Daraus ergab sich ein doppelt vergrößertes Spiegelgefälle im Floßgraben und eine besonders große Abwässerung durch diese Nebenöffnung 0,5 km unterhalb der Grabowmündung. Die Ufer des Floßkanals mußten wegen des schlickigen Untergrundes mit 5 m langen Rundpfählen in 1,25 m Abstand, einer Reihe von Senkfaschinen übereinander und Hinterpackung von Wacholderstrauch befestigt werden.

Die Uferbefestigungen des Flußhafens zwischen dem Winterhafen und den Molen erforderten nach jedem stärkeren Sturme größere Ausbesserungen. Die Uferbollwerke bestanden teilweise aus Steinkisten, und noch in den Jahren 1863 und 1864 wurde eine Bollwerksteinkiste am westlichen Ufer für 2800 Mark erneuert. Die Bollwerkwände an den Ufern des Flußhafens aus wagerechten Bohlen, die bis zur Flußsohle herab gestoßen wurden, mußten ebenso wie die früheren Steinkisten durch die alte Spundpfahlreihe mit Stein- und Kieshinterfüllung gesichert und möglichst gedichtet werden, wie die Zeichnungen einer Löschbrücke und einer Überwurfstelle in Abb. 3 und 4 Bl. 31 erkennen lassen. Die Verlegung der Spundwand hinter die Bollwerkpfähle war dem gegenüber ein großer Fortschritt und wurde seit 1855 nach der Abb. 5 Bl. 31 regelmäßig ausgeführt. In Abständen von 1,25 m standen eichene Pfähle von 7,5 bis 9,4 m Länge und 26 × 26 cm Stärke vor kiefernen Spundbohlen von 16 cm Dicke und 3,77 m Länge bei Wassertiefen von 6' bis 8' = 1,88 bis 2,51 m unter Mittelwasser. Die Zangen von 10,5 cm Stärke und die Hintersetzungsbohlen von 8 cm Dicke waren wieder aus Eichenholz. Mit den Zangen waren die Bollwerkpfähle und alle Spundbohlen durch Schraubenbolzen verbunden. Verankert wurden diese Bollwerke damals noch nicht, obwohl hölzerne Anker mit Doppelpfählen für die vorderen Blockwände der verfaulten Steinkisten nach Abb. 16 Bl. 31 bekannt waren.

Die Gordungswände an der Westmole versteifte man gleichzeitig, 1856, durch äußere Strebepfähle in der Neigung 5 : 1. Einen wesentlichen Dienst leisteten die neu eingeführten Spundbohlen nach dem Neujahrsturme von 1855, durch den die Uferstraßen zur Hälfte fortgespült wurden. Die Spundbohlen wurden möglichst schnell nur zur halben Tiefe eingerammt und nach hinten durch Gurtholme und Streben abgesteift, so daß ein weiteres Ausspülen der Erde durch die Frühjahrstürme verhindert wurde. Die eichenen Hintersetzungsbohlen mit halber Spundung wurden 1863 wieder in größeren Strecken mit der Hinterfüllungserde fortgeschlagen, und 1864 ging man über zur Verwendung des kaum die Hälfte von Eichenholz kostenden Kiefernholzes zu den Bohlen.

Auch für die Molen hatten die Erfahrungen beim Neujahrsturme 1855 eine wesentliche Verbesserung gebracht. Für das Löschen der neuen großen rechteckigen Decksteine von 3' = 0,94 m Höhe aus Eriksberg bei Roenneby in Schweden wurde 1856 auf jeder Molenwurzel ein hölzerner Drehkran aufgestellt. Diese Krane mit 2,5 t Tragfähigkeit bestehen noch jetzt (s. Text-Abb. 5). Von den Kranen aus wurden die Decksteine auf Bahnen aus zwei Holzbalken auf die Molen gefahren, während in Kolberg für den gleichen Zweck bereits eiserne Gleise benutzt wurden. Das Ausfüllen der Fugen im Deckpflaster mit Beton aus 1 Zement, 2 Sand, 4 bis 5 klein geschlagenen Steinen und Kies, bewährte sich nicht, besser seine Beschränkung auf den Fuß der Seitenböschungen. Dies Deckpflaster ist auf der seeseitigen Böschung der Molenköpfe nie ordnungsmäßig ausgeführt worden. Die größten Decksteine konnten dort nur zur Belastung aufgelegt werden und wurden bei jedem stärkeren Sturme durcheinander gerüttelt und teilweise an den Molenböschungen entlang gerollt.

Als der Kopf der alten Ostmole in Stolpmünde 1863 bis 1864 übermauert wurde, erhielt auch 1864 der Westmolenkopf in Rügenwaldermünde eine steile Aufmauerung aus regelrechten Schichten ohne Mörtel. Aber schon am Ende des Jahres wurden die dazu verwendeten großen Blöcke in einen unregelmäßigen Haufen vom Sturme zusammengeworfen. Man erkannte, daß nur durch Mörtel verbundenes Mauerwerk auf den Molenköpfen dem Anpralle der Wellen standhalten könne, ließ die Steinhaufen in Rügenwaldermünde zunächst liegen, baute aber in Kolberg auf dem Kopfe der verlängerten Ostmole hinter der Gordungspfahlwand eine steile Futtermauer in Zementmörtel.

Eine wesentliche Änderung der Verhältnisse an der Hafenmündung in Rügenwaldermünde trat im dritten Jahrzehnte der staatlichen Verwaltung ein. Die verlängerten Molen fingen den von Südwesten mit der vorherrschenden Küstenströmung heranwandernden Strandsand auf und hinderten seine Weiterwanderung nach dem Oststrande. Wie aus der Hafenkarte für 1856 (Abb. 2 Bl. 31) zu ersehen, ist der Weststrand vor den gekrümmten Seedeich zum Anschlusse der Westmole an die Vordünen bereits stark vorgeschoben, während der Oststrand hinter die von der städtischen Verwaltung in Gemeinschaft mit der Staatsverwaltung erbaute Steinbarre zurückgewichen ist. Auch die Bestimmung aus 1861, nicht näher als 750 m westlich des Hafens Sandfangzäune anzulegen, hatte das Vorschieben des Westrandes nicht verhindern können.

Eine Reiseverhandlung vom 7. November 1866 erwähnt, daß seit längerer Zeit zwei Riffe vor dem Hafen lägen. Einige Jahre hätten sich 9′ = 2,8 m Tiefe erhalten, zurzeit aber könnte nur durch Baggerungen eine Fahrtiefe von 7′ = 2,2 m erhalten werden, und diese sei im Sommer auf 1,8 m zeitweilig zurückgegangen, während der Weststrand bis nahe an den Kopf der Westmole vorgerückt sei. Vorgeschlagen wurde, die Hafenmündung mit einem weiten Vorhafen, wie damals (1864 bis 1872) in Stolpmünde ausgeführt wurde, über das zweite Riff hinweg um rd. 150 m vorzuschieben und gleichzeitig die Hafenbreite zu vergrößern. Schon bei der Bereisung vom 23. Oktober 1867 hatten sich die Verhältnisse wieder gebessert: in der Mündung waren $10^1/_2$′ = 3,3 m und auf der Barre $12^1/_2$′ = 3,92 m Tiefe. Die auf dem Hafenplane von 1856 (Abb. 2 Bl. 31) eingetragenen Tiefenlinien von 1873 dürfen als Darstellung der mittleren Verhältnisse angesehen werden. Das zweite Riff ist vor dem Hafen nicht unterbrochen, sondern nur verschmälert, und sein Rücken auf 4 m Tiefe gesenkt. Der Hafenplan (Abb. 2 Bl. 31) enthält ferner eine Peilung des Flußhafens und des Winterhafens aus 1869 und die Bauausführungen bis 1856.

Für den Verkehr waren im Flußhafen Löschbrücken und Überwürfe angelegt, deren Querschnitte in Abb. 3 u. 4 Bl. 31 dargestellt sind. Beide Anordnungen sind noch durch frei vorgesetzte Pfahl- oder Spundwände und zwischengeschüttete Steine mit Kies gesichert. Diese Spundwände stammen offenbar aus der Zeit der Steinkisten, als die Vertiefung des Hafens eine Sicherung der flach versenkten Steinkisten erforderte, und sind oben durch den sandführenden Wellengang ausgerieben. Solcher Einwirkung werden die hinter die Bollwerkpfähle verlegten Spundwände größtenteils entzogen, wenn die Hinterfüllung dicht ist, und wenig Wasser beim Wellengange durch die Wände ein- und austreten kann.

Den Schiffern wurde bald gestattet, die Drehkrane der Hafenbauverwaltung zu benutzen, desgleichen die kleinen Hellinge auf dem Bauhofe, wo die Baggerprahme im Eigenbetriebe ausgebessert wurden. Nur die Schmiedearbeiten wurden auf je drei Jahre verdungen.

Die Schiffahrt und Reederei Rügenwaldes entwickelte sich gut infolge des Ausbaues des Hafens in Rügenwaldermünde durch den Staat. Während des Krieges 1864 trat eine kurze Störung des Schiffsverkehrs ein, und der Hafen erhielt militärische Bewachung. Während Dänemark den Verkehr nach dem Hafen Kolberg aus alter Freundschaft zu dieser Stadt nicht belästigte, war Rügenwaldermünde wie die andern Ostseehäfen während des Krieges unter Blockade.

Bis 1868 und 1870 haben die Reeder in Rügenwalde neue Segelschiffe gebaut und angekauft. Dann stockte die Entwicklung der Segelschiffreederei unter dem Drucke der aufblühenden Frachtdampferschiffahrt. (Schluß folgt.)

Die Bestimmung des Mischungsverhältnisses von erhärtetem Mörtel oder Beton.

Von Dr.-Ing. H. Nitzsche, Königl. Oberlehrer in Frankfurt a. M.

I. Einleitung.

Die Möglichkeit, das Mischungsverhältnis eines vorgelegten Beton- oder Mörtelstückes an diesem zu bestimmen, ist praktisch von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Meist sind es Streitfälle, deren Entscheidung auf eine möglichst sichere Beantwortung der Frage nach dem Mischungsverhältnis hinausläuft, und solche Fälle, bei denen die Beurteilung des Stoffes durch den bloßen Augenschein unzureichend ist, sind in der Praxis recht häufig. Eine Behandlung dieses Gegenstandes der Stofftechnik, die im folgenden gegeben werden soll, dürfte darum erwünscht sein. Mit dem angewendeten Verfahren sind recht gute Erfolge erzielt worden. Vorausbemerkt sei, daß in vielen Fällen eine scharfe oder genügend genaue Lösung der Aufgabe möglich ist und daß in anderen Fällen die Lösung nicht erreichbar ist.

II. Das Verfahren im allgemeinen.

Das Verfahren, das anzuwenden ist, um am erhärteten Mörtel oder Beton dessen Mischungsverhältnis nachträglich festzustellen, beruht darauf, daß die Mörtel- oder Betonrohstoffe, Bindemittel und Füllstoffe, in verdünnter Salzsäure entweder völlig, teilweise oder nicht löslich sind. Sind dann gewisse Bedingungen erfüllt, so gelingt es, aus den Mengen der unlöslichen und der abschlämmbaren Rückstände durch Rechnung das Mischungsverhältnis zu bestimmen.

Die zu erfüllenden Bedingungen bestehen darin, daß die auf die Behandlung mit Salzsäure bezüglichen Eigenschaften der einzelnen Stoffbestandteile je für sich bekannt sind und daß diese Bestandteile zur Bildung von Mörtel oder Beton in einer solchen Gruppierung zusammengestellt sind, daß die Anzahl der durch die Salzsäurebehandlung aufstellbaren Bestimmungsgleichungen der Anzahl der Unbekannten entspricht. Dies wird weiterhin näher erläutert werden.

Die Durchführungsweise des Verfahrens ist folgende: Das zu untersuchende Probestück wird zerkleinert, jedoch nicht in dem Maße, daß dabei die Korngrößenverhältnisse der verwendeten Füllstoffe eine Änderung erfahren; es darf also die Zerlegung nicht unter Anwendung großer Gewalt durch Zerquetschen des Stückes unter Bildung auch nur geringer stark zerkleinerter oder gar staubförmiger Mengen erfolgen; als zweckmäßig hat sich die vorsichtig ausgeübte Zerteilung der Probestücke in etwa faustgroße Stücke erwiesen, wenn Kiesbeton mit Kieseln bis zu Hühnereigröße vorliegt. Bei Schotterbeton oder Beton mit großen Steinbrocken hat man sinngemäß vorzugehen.

Die zerkleinerten Stücke werden in verdünnte Salzsäure gelegt und darin belassen, bis sie unter Auslösung der in Salzsäure und Wasser löslichen Bestandteile völlig zerfallen sind, also z. B. bei Schotterbeton in saubere Schotterstücke, saubere Sand- bzw. Kieskörner und in abschlämmbare Fein-

stoffe oder Rückstände, die durch Salzsäure nicht mehr zerlegbar sind; solange noch kleine Teilchen Bindemittel erkennbar sind, darf der Lösungsvorgang nicht abgebrochen werden. Man tut gut, die Masse, wenn auch der Lösungsvorgang beendet erscheint, noch einige Zeit in der verdünnten Salzsäure zu belassen, öfter gut umzurühren und die Verdünnung weiterhin zu erhöhen. Die absitzenden sowie die abschlämmbaren Rückstände sind zu trocknen (letztere am besten nach Filterung auf dem zuvor gewogenen Filtrierpapier) und zu wägen.

Unter abschlämmbaren Stoffen sind solche verstanden, die aus einem Gemenge mit schweren, absitzenden Teilen dadurch entfernt werden können, daß sie durch Rühren der Masse mit der 1,5- bis 2 fachen Wassermenge in dieser zum Schweben gelangen und mit dem Wasser abgegossen werden können.

An dieser Stelle ist noch hervorzuheben, daß bei Durchführung aller Versuche die Probemengen nicht zu klein gewählt werden dürfen, weder die für Prüfung der ursprünglichen Rohstoffe noch die für die Salzsäure-Scheidung dienenden. Diese Notwendigkeit wird sich später aus den Bestimmungsgleichungen erweisen, deren Ergebnisse ziemlich empfindlich sind gegen Veränderlichkeit gewisser Größen, durch welche die Einzelstoffe gekennzeichnet sind. Anderseits läßt folgende einfache Überlegung ebenfalls die gen. Notwendigkeit erkennen. Würde man eine zu kleine Menge, z. B. eines Kiesbetons der Untersuchung zugrunde legen, so könnte u. U. die Menge des Abschlämmbaren sich zu groß ergeben, wenn zufällig in dem kleinen Betonstück der Lehmgehalt höher war als der an genügend großer Masse des zu untersuchenden Stoffes ermittelte durchschnittliche; daraus würde bei der Rechnung sich ein zu fettes Mischungsverhältnis ergeben. Entsprechendes gilt bezüglich der Kornzusammensetzung, die aus zu kleinem Versuchsstück, namentlich bei Vorhandensein größerer Kiesel, nicht zum richtigen Körnungsbild bzw. zum richtigen Raumgewicht führen würde.

Es könnte gegen das Verfahren eingewendet werden, daß z. B. bei der Abbindung und Erhärtung der Bindemittel chemische Verbindungen zwischen Bindemittel und Füllstoffen entstehen, z. B. kieselsaurer Kalk, und daß demzufolge der Mörtel oder Beton einen Stoff darstelle, dessen ursprüngliche Zusammensetzung sich durch die Salzsäurebehandlung nicht auf die Eigenschaften der Einzelrohstoffe zurückführen und durch diese deuten lasse. Dem ist nicht so: Der Genauigkeitsgrad des errechenbaren Mischungsverhältnisses ist von derartigen Um- oder Neubildungen nicht in hohem Maße abhängig, weil neue Stoffe, z. B. kieselsaurer Kalk, nur in sehr feinen Schichten an den Berührungsflächen zwischen Füllstoff und Bindemittel entstehen können und nur in so geringen Mengen, daß die etwa dadurch erzeugte Minderung des Genauigkeitsgrades innerhalb der Grenzen bleibt, welche ohnehin durch die Genauigkeit der Mischung auf der Baustelle gegeben sind.

III. Die Eigenschaften der Mörtel- und Betonrohstoffe und ihre Bedeutung für die Lösung der Aufgaben.

An Rohstoffen für die Herstellung von Mörtel und Beton kommen Zement und Kalk als Bindemittel, Traß als Zuschlagstoff, Sand, Schotter und Kiessand als Füllstoffe in Betracht.

Zement und Kalk in abgebundenem und erhärtetem Zustande ergeben bei der Behandlung mit Salzsäure entweder keinen Rückstand oder einen solchen von einigen Gewichtsteilen, der dann als Abschlämmbares erscheint. Ist das Gewicht des durch Salzsäure gelösten Bindemittels oder des abschlämmbaren Rückstandes feststellbar, so kann auf die zur Mörtel- oder Betonbereitung verwendete Menge losen Zementes geschlossen werden, wozu jedoch bekannt sein muß, welcher Menge losen Zementes die vorgefundene Gewichtsmenge erhärteten Zementes entspricht.

Traß enthält wenig in Salzsäure lösliche Bestandteile und je nach seiner Mahlfeinheit einen größeren oder kleineren Anteil an nicht abschlämmbarer, feinsandartiger Masse.

Die Füllstoffe Sand, Kiessand und Schotter weisen je nach ihrer Art mehr oder weniger in Salzsäure lösliche Anteile (kohlensaurer Kalk, Sandstein mit kalkigem Bindemittel u. dgl.) auf und enthalten in der Regel nicht zu vernachlässigende Mengen von Abschlämmbarem (z. B. Lehmgehalt von Grubenkies).

Bei der Untersuchung der Rohstoffe sind (an genügend großen Probemengen) festzustellen:

1. deren Raumgewichte,
2. ihr Gehalt an Salzsäurelöslichem,
3. „ „ „ Abschlämmbarem,
4. bei den Bindemitteln die Zahl, welche angibt, welcher Menge losen Stoffes die vorgefundene Menge erhärteten Bindemittels entspricht.

Die Raumgewichte müssen bekannt sein, weil bei der Salzsäure-Scheidung mit Gewichtseinheiten gearbeitet wird, während praktisch das Mischungsverhältnis nach Raumeinheiten hergestellt wurde.

IV. Der Rechnungsgang im allgemeinen.

Dieser läßt sich am besten an einem einfachen Beispiel erläutern.

Es sei ein Stück Kiesbeton von 9000 g Trockengewicht vorgelegt, dessen Mischungsverhältnis aus folgenden Angaben zu ermitteln ist. Der verwendete Kiessand (Grubenkies) hat ein Raumgewicht von 1,64 in trocknem und 1,68 in verwendungsfeuchtem Zustand; er enthält 6,8 Gewichtsteile an Abschlämmbarem und 1,7 Gewichtsteile Salzsäurelösliches, beides auf trocknen ursprünglichen Kiessand bezogen. Das Bindemittel ist Portlandzement, von dem festgestellt wurde, daß der erhärtete Stoff in Salzsäure 6,3 Gewichtsteile, bezogen auf losen Zement von 1,35 Raumgewicht, an abschlämmbaren Rückständen hinterläßt.

Nach völligem Zerfall der 9000 g Beton wurde der Gesamtrückstand gewaschen, d. h. das Abschlämmbare vom reinen Kiessand getrennt; an trocknem, reinem Kiessand fanden sich 7714 g, an getrockneter Schlämme 756 g.

In letzterer ist sowohl das vom ursprünglichen Kiessand Abschlämmbare, wie der Zementrückstand enthalten.

Da von der zur Herstellung von 9000 g Beton verwendeten Kiesmenge 1,7 vH. in Lösung gegangen und 6,8 vH. abgeschlämmt worden sind, so muß diese ursprüngliche Kiesmenge betragen haben:

$$\frac{7714}{1 - \frac{6,8 + 1,7}{100}} = \frac{7714}{0,915} \cong 8431 \text{ g.}$$

Hieraus entstammen $\frac{8431 \cdot 6,8}{100} \cong 573,3$ g Schlämme, die im

gesamten abgeschlämmten Rückstande stecken. Der Unterschied $756 - 573{,}3 = 182{,}7$ g stellt also das aus dem Zement Zurückgebliebene dar. Da 100 g lose zur Verwendung gebrachter Zement 6,3 g Rückstand erzeugen, so müssen $\frac{182{,}7 \cdot 100}{6{,}3} = 2900$ g loser Zement vom Raumgewicht 1,35 verwendet worden sein; das sind $\frac{2900}{1{,}35} = 2148$ ccm.

Die verwendete Kiesmenge in verwendungsfeuchtem Zustand hat betragen:

$$\frac{8431\,(1 + 1{,}68 - 1{,}64)}{1{,}68} = \frac{8431 \cdot 1{,}04}{1{,}68} \cong \frac{8768}{1{,}68} = 5219 \text{ ccm.}$$

Das Mischungsverhältnis nach Raumteilen war also:

$$1 : m = 2148 : 5219 \cong \mathbf{1 : 2{,}4.}$$

Um die oben erwähnte Empfindlichkeit des Bestimmungsverfahrens zu zeigen und die Notwendigkeit genauer Übereinstimmung der Probestoffe mit den wirklich verwendeten zu erweisen, soll mit Bezug auf obiges Beispiel angenommen werden, daß der Grubenkies Salzsäurelösliches nicht enthielt, jedoch 8,5 vH. Abschlämmbares.

Bleiben alle übrigen Werte bestehen, so ergibt sich folgendes:

Die zu 9000 g Beton verwendete ursprüngliche Kiesmenge betrug wieder $\frac{7714}{1 - 0{,}085} = \sim 8431$ g.

In der Schlämme von 756 g Gewicht rühren also

$$8431 - 7714 = 717 \text{ g}$$

aus dem Kies her, folglich $756 - 717 = 39$ g aus dem aufgewendeten Zement. Dem entsprechen

$$\frac{39 \cdot 100}{6{,}3} = 619 \text{ g loser Zement.}$$

Das Mischungsverhältnis nach Raumteilen würde also folgen zu $1 : m = \frac{619}{1{,}35} : 5219 = \mathbf{1 : 11{,}4.}$

Ein weiteres Beispiel aus der Praxis, das zugleich von Bedeutung ist bezüglich der Zementuntersuchung, läßt gleichfalls erkennen, wie wichtig die Übereinstimmung der untersuchten Probestoffe mit den verwendeten ist. Es galt einen Beton zu untersuchen, dessen Rohstoffe, Portlandzement und Kiessand, auf der z. Zt. der Untersuchung (später sich ergebender Streitfall!) nicht mehr bestehenden Baustelle nicht entnommen werden konnten. Dem Sachverständigen wurde jedoch von einer Partei eine Probe Kiessand mit der Angabe übermittelt, dieser sei zur Verwendung gelangt. Schon aus dem Umstande, daß in dem zu untersuchenden Beton ein Anteil an Basaltsplitt, der in der angegebenen Mischung aufgeführt war, tatsächlich nicht vorhanden war, und ferner daraus, daß im Beton durch Augenschein die Anwesenheit von ziemlich viel großen gerundeten Sandsteinkörnern festzustellen war, die im Musterstoff fehlten, konnte vermutet werden, daß der überreichte Probekiessand ein anderer war, als der wirklich zur Verwendung gebrachte.

Die Salzsäurescheidung bestätigte das in klarer Weise. Der Beton machte den Eindruck einer Mischung etwa 1 : 6 bis 1 : 8. Die Eigenschaften des Zementes konnten in sehr zweckmäßiger und empfehlenswerter Weise an Normenprobekörpern (Zerreißproben 1 Gewichtsteil Zement + 3 Gewichtsteile Normensand) ermittelt werden.

Diese Probekörper waren gleichaltrig mit dem fraglichen Beton und aus gleichem Zement, wie der zum Beton verwendete, hergestellt, dessen Raumgewicht mit 1,2 anzusetzen war. Die Normenprobekörper wurden mit Salzsäure behandelt, und es ergab sich, daß zu 1 g aufgefundenen Rückstandes 3,13 ccm lose verwendeten Zementes gehörten, und daß 1 g loser Zement 1,31 g erhärteten Zement ergab, oder es entsprechen 1 g erhärteter Zement 0,637 g losem Zement. Die Untersuchung des bemusterten Kiessandes, von dem angenommen werden mußte, daß er trocken verarbeitet wurde (das Endergebnis wird durch diese Annahme, wie obiges Beispiel erkennen läßt, wenig beeinflußt), ergab folgendes:

in Salzsäure Lösliches 0,6 Gewichtsteile
Abschlämmbares 5,7 „
(beides bezogen auf trockenen Kiessand)
Raumgewicht, trocken 1,75.

Es wurden nun 2678 g Beton dem Scheidungsverfahren unterworfen, wobei erhalten wurden:

1790 g trockner, reiner Kiessand,
269,6 g trockner, abgeschlämmter Rückstand.

Die Rechnung ist nun folgende: Die ausgezogenen 1790 g Kiessand rührten her von

$$\frac{1790}{1 - \frac{5{,}7 + 0{,}6}{100}} = 1910 \text{ g}$$

trocknem ursprünglichen Kiessand, dem $\frac{1910}{1{,}75} = 1091$ ccm Kiessand entsprechen. Der Rest von $2678 - 1910 = 768$ g ist mithin erhärteter Zement gewesen, dem $\frac{768}{1{,}2 \cdot 1{,}31} = 488$ ccm loser Zement entsprechen.

Hieraus folgt das Mischungsverhältnis nach Raumteilen zu:

$$\mathbf{1 : m} = 488 : 1091 = \mathbf{1 : 2{,}24.}$$

Wenn die Ergebnisse der Untersuchung Anspruch auf Stimmigkeit haben sollen, so muß sich das gleiche Mischungsverhältnis aus den 269,6 g Rückständen berechnen lassen; die Rechnung ist folgende:

Aus 1910 g Kiessand rühren $\frac{1910 \cdot 5{,}7}{100} = 108{,}9$ g Rückstand her; also stammt der Rückstandrest von

$$269{,}6 - 108{,}9 = 160{,}7 \text{ g}$$

aus dem Zement, dessen Menge $160{,}7 \cdot 3{,}13 = 503$ ccm betragen haben muß (gegen 488 ccm); daher ist:

$$\mathbf{1 : m} = 503 : 1091 = \mathbf{1 : 2{,}18}$$

statt 1 : 2,24 wie zuvor; die Übereinstimmung ist also eine durchaus genügende.

Da nun dies Mischungsverhältnis von rd. 1 : 2,2 keinesfalls das tatsächlich vorhandene war, dies vielmehr mit 1 : 6 bis 1 : 8 anzusprechen war, so konnte, da der verwendete Zement nachweislich der untersuchte war, nur ein Füllstoff von andern Eigenschaften verwendet worden sein, und zwar mußte er vor allem einen höheren Gehalt an in Salzsäure löslichen Stoffen gehabt haben; der Anteil dieser sowie derjenige der unlöslichen abschlämmbaren Rückstände lassen sich nun aber leicht nachträglich berechnen.

Aus den Bestimmungsgleichungen für das Mischungsverhältnis, die einmal auf Grund des erhaltenen Kiessandes, das andere Mal aus dem Schlämmerückstand aufzustellen waren, ergeben sich, wenn mit

x- der Gewichtsanteil an Abschlämmbarem
y- „ „ „ Salzsäurelöslichem

bezeichnet wird, die allgemeinen Gleichungen:

$$1.\quad \frac{2678}{1+\dfrac{1}{0{,}637\cdot 1{,}75\cdot m}}=\frac{1790}{1-\dfrac{x+y}{100}},$$

$$2.\quad x=\frac{269{,}6\cdot 100\left(1+\dfrac{1}{0{,}637\cdot 1{,}75\cdot m}\right)}{2678}-\frac{100}{1{,}75\cdot 3{,}13\cdot m}.$$

Aus 1. und 2. folgen:

$$3.\quad x=\frac{10{,}07\,m-9{,}23}{m},$$

$$4.\quad y=100-x-\frac{59{,}96+66{,}84\,m}{m}$$

oder $y=\dfrac{23{,}09\,m-50{,}73}{m}$.

Setzt man

$m=6$, so wird $x=8{,}53$ vH. und $y=14{,}64$ vH.

$m=8$, „ $x=8{,}92$ vH. und $y=16{,}74$ vH.

Durch diese Grenzwerte für Abschlämmbares und Lösliches ist also der tatsächlich verwendete Kiessand zweifellos gekennzeichnet gewesen.

V. Die praktisch vorkommenden Aufgaben, ihre Lösbarkeit und Unlösbarkeit.

In der nebenstehenden Zusammenstellung finden sich die Aufgaben, die in der Praxis entstehen können, schematisch aufgeführt nebst jeweiliger Angabe, ob die betreffende Aufgabe gelöst werden kann (+) oder nicht (—).

Da die Füllstoffe bei der Salzsäurescheidung stets eine erhebliche nicht abschlämmbare Masse an Sand, Kieseln oder Schotterstücken ergeben (außer, wenn etwa Kalkstein als Füllstoff verwendet wurde), so ist hieraus immer der dieser Masse entsprechende Anteil an Schlämme festgelegt, und folglich können niemals die Eigenschaften der Füllstoffe eine Aufgabe zur Unlöslichkeit führen. Die Frage, ob eine Aufgabe zu lösen ist oder nicht, entscheidet sich also stets lediglich durch die Eigenschaften der Bindemittel; wesentlich ist dabei noch, ob Traß zugesetzt war oder nicht. Allgemein ist also jede auf Beton bezügliche Aufgabe zu lösen, wenn das Mischungsverhältnis des Mörtels bestimmbar ist. Daher bilden die Aufgaben 1 bis 16 der Zusammenstellung bezüglich ihrer Lösbarkeit zugleich das Merkmal für die Lösbarkeit der Aufgaben 17 bis 32 der Betongruppe.

Es soll dies im folgenden näher erläutert werden.

Zusammenstellung der Aufgaben.

Es bedeutet:
R = Rückstand vorhanden,
KR = kein Rückstand vorhanden,
+ = Aufgabe ist lösbar,
— = Aufgabe ist nicht lösbar,
(+) = Aufgabe nur bedingt lösbar,
×) = Aufgabe lösbar nur nach dem Gesamtgewichte an erhärtetem Bindemittel.

Nr.	Zement		Kalk		Traß	Sand	Schotter (Splitt)	Kiessand	Mörtel- oder Betonsorte	Aufgabe	
	R	KR	R	KR						+	—
1	□					□			Zementmörtel	+	
2		□				□				+	
3			□			□			Kalkmörtel	+	
4				□		□				+	
5	□		□			□			Zement-Kalkmörtel (verlängerter Zementmörtel)		—
6		□	□			□				+	
7	□			□		□				+	
8		□		□		□				×)	—
9			□		□	□			Traß-Kalkmörtel	(+)	—
10				□	□	□				(+)	—
11	□				□	□			Traß-Zementmörtel	(+)	—
12		□			□	□				(+)	—
13	□		□		□	□			Zement-Kalk-Traßmörtel		—
14		□	□		□	□				(+)	—
15	□			□	□	□				(+)	—
16		□		□	□	□				×)	—
17 a	○							○	Zementbeton		
17 b	□					□	□			+	
17 c	△						△	△			
18 a		○						○			
18 b		□				□	□			+	
18 c		△					△	△			
19 a			○					○	Kalkbeton		
19 b			□			□	□			+	
19 c			△				△	△			
20 a				○				○			
20 b				□		□	□			+	
20 c				△			△	△			
21 a	○		○					○	Zement-Kalkbeton		
21 b	□		□			□	□				—
21 c	△		△				△	△			
22 a		○	○					○			
22 b		□	□			□	□			+	
22 c		△	△				△	△			
23 a	○			○				○			
23 b	□			□		□	□			+	
23 c	△			△			△	△			
24 a		○		○				○			
24 b		□		□		□	□			×)	—
24 c		△		△			△	△			
25 a			○		○			○	Traß-Kalkbeton		
25 b			□		□	□	□			(+)	—
25 c			△		△		△	△			
26 a				○	○			○			
26 b				□	□	□	□			(+)	—
26 c				△	△		△	△			
27 a	○				○			○	Traß-Zementbeton		
27 b	□				□	□	□			(+)	—
27 c	△				△		△	△			
28 a		○			○			○			
28 b		□			□	□	□			(+)	—
28 c		△			△		△	△			
29 a	○		○		○			○	Zement-Kalk-Traßbeton		
29 b	□		□		□	□	□				—
29 c	△		△		△		△	△			
30 a		○	○		○			○			
30 b		□	□		□	□	□			(+)	—
30 c		△	△		△		△	△			
31 a	○			○	○			○			
31 b	□			□	□	□	□			(+)	—
31 c	△			△	△		△	△			
32 a		○		○	○			○			
32 b		□		□	□	□	□			×)	—
32 c		△		△	△		△	△			

Die Aufgaben 1 bis 4 der Zusammenstellung bilden eine Gruppe und sind ohne weiteres lösbar, weil aus der nach der Scheidung erhaltenen Reinsandmenge ermittelt werden kann, welcher Anteil an Schlämme dem Sande zugehörte; der Rest (der Null sein kann, wenn das Bindemittel K. R. hatte) rührt dann vom Bindemittel her.

Sind zwei Bindemittel vorhanden (Gruppe der Aufgaben 5 bis 8), so kann eine unbedingte Lösung nur erfolgen, wenn eines der beiden Bindemittel keinen Rückstand ergibt (Aufgabe 6, 7). Haben beide Rückstand (Aufgabe 5), so ist keine Lösung möglich, auch nicht nach der Summe der aufgewendeten Bindemittelmengen.

Beweis: Ist S die erhaltene Reinsandmenge, so enthält die entstandene Gesamtmenge R an Schlämme den berechenbaren Anteil S_r vom Sande herrührend; der zu den beiden Bindemitteln gehörige Schlämmerückstand $R_{b_1 + b_2}$ ist also:

$$R_{b_1 + b_2} = R - S_r.$$

Sind x und y die aufgewendeten Bindemittelmengen und ergeben diese je für die Mengeneinheit α_1 und α_2 an Rückstandmenge, so erhält man lediglich die Bestimmungsgleichung

$$x \cdot \alpha_1 + y \cdot \alpha_2 = R_{b_1 + b_2},$$

woraus x und y nicht bestimmt werden können.

Ergeben beide Bindemittel keinen Rückstand (Aufgabe 8), so ist die beschränkte Lösung (+) bezüglich der Summe der aufgewendeten Bindemittel möglich, jedoch nur insoweit, als angegeben werden kann, wieviel Gewichtseinheiten an erhärteten Bindemitteln im Mörtel vorhanden gewesen sind; praktisch wird diese Angabe i. d. R. ungenügend sein.

Bei Traßkalk und Traßzementmörteln (Aufgabe 9 bis 12) ist eine Lösung nicht zu erzielen, weil es praktisch nicht möglich ist, vom Reinsand die aus dem Traß herrührenden feinsandartigen Körner zu trennen; es kann deshalb nicht ermittelt werden, wieviel im Schlämmerückstand je vom Sand und vom Traß anteilig ist. Nur wenn etwa Normensand verwendet würde, von dem das nicht abschlämmbar gewesene Traßkorn durch Absieben geschieden werden könnte, oder wenn so feingemahlener Traß verwendet worden wäre, daß seine ganze Menge abschlämmbar war, könnte die Aufgabe gelöst werden. Die Lösbarkeit der Gruppe der Aufgaben 13 bis 16 entscheidet sich durch Verbindung der für die Aufgaben 5 bis 8 und 9 bis 12 maßgebend gewesenen Gesichtspunkte; die bedingte Lösbarkeit (+) bei den Aufgaben 14, 15 ist also an die praktisch i. d. R. nicht zutreffenden Voraussetzungen geknüpft, die zu den Aufgaben 9 bis 12 angegeben wurden (Normensand oder feinst gemahlener Traß).

VI. Formeln für die Berechnung von Mischungsverhältnissen.

Die in den Formeln gebrauchten Buchstaben haben folgende Bedeutung:

G = Trockengewicht des zur Untersuchung vorgelegten Mörtel- oder Betonstückes.

γ^l_{bm} = Raumgewicht des losen Bindemittels bei derjenigen Dichte, in welcher es zur Verwendung gelangte.

γ^h_{bm} = Raumgewicht des Bindemittels in erhärtetem Zustand.

a = Ausbeute des Bindemittels, d. h. diejenige Zahl, die angibt, wieviel Raumteile angemachten oder erhärteten Bindemittels aus einem Raumteil losen Bindemittels erhalten werden.

α = die Zahl, welche angibt, aus wieviel Gewichtsteilen losen Bindemittels ein Gewichtsteil in Salzsäure unlöslicher Schlämme herrührt.

γ = (mit Zeiger) Raumgewicht von Sand und Füllstoffen in trocknem Zustand (ursprünglicher Stoff).

w = Gewichtsteile an Wasser in Sand und Füllstoffen in verwendungsfeuchtem Zustand.

p_{bm} = Gewichtsteileziffer für Salzsäurelösliches im erhärteten Bindemittel, bezogen auf solches in trocknem Zustand.

p^s = (mit Zeiger) Gewichtsteileziffer für bei der Scheidung Abschlämmbares in Sand und Füllstoffen, bezogen auf trocknen ursprünglichen Stoff.

p = (mit Zeiger) Gewichtsteileziffer für Salzsäurelösliches in Sand und Füllstoffen, bezogen auf trocknen ursprünglichen Stoff.

g_{bm} = Gewichtsteile von erhärtetem, trocknem Bindemittel in Mörtel oder Beton.

g = (mit Zeiger) Gewichtsteile an trocknem Sand und Füllstoffen (ursprünglicher Stoff) im Mörtel oder Beton.

s = Gewichtsteile der in Salzsäure unlöslich gebliebenen und abgeschlämmten Mengen aus Bindemittel, Sand und Füllstoffen.

f = (mit Zeiger) Gewichtsteile an reinem Sand oder Füllstoff, die bei der Scheidung gewonnen werden.

$S_r = \Sigma s.$

$F_r = \Sigma f.$

Zeiger, hindeutend auf:

Zeiger	
bm	Bindemittel
f	Füllstoff
tr	Traß
sd	Sand
s	Schotter
k	Kies
ks	Kiessand.

Bei der Entwicklung von Formeln für die Lösung der einzelnen Aufgaben soll von dem allgemeinsten Fall ausgegangen werden, daß ein Beton vorliegt, der aus zwei Bindemitteln, Sand und zwei weiteren Füllstoffen zusammengesetzt ist; dabei sollen alle diese Bestandteile, mit Ausnahme des Bindemittels Nr. 2 (vgl. Aufgabe 6, 7), sowohl in Salzsäure Lösliches als darin Unlösliches und Abschlämmbares enthalten; die beiden Füllstoffe und der Sand seien durch Aussieben trennbar.

Das zur Untersuchung vorgelegte Stück Beton hat das Trockengewicht G; die Scheidung ergibt S_r Gewichtsteile Schlämmerückstand und F_r Gewichtsteile zurückgebliebener reiner Füllstoffe, einschließlich Sand. In S_r sind enthalten die in Salzsäure unlöslichen und abschlämmbaren Teile (Gewichtsteile).

Aus dem Bindemittel Nr. 1 $s_{bm^1} = g_{bm^1}\left(1 - \frac{p_{bm^1}}{100}\right)$

„ „ „ „ 2 $s_{bm^2} = g_{bm^2}\left(1 - \frac{p_{bm^2}}{100}\right) = 0,$ da $p_{bm^2} = 100,$

„ „ Sand . . . . . . $s_{sd} = g_{sd}\frac{p^s_{sd}}{100}$

„ „ Füllstoff Nr. 1 . $s_{f_1} = g_{f_1}\frac{p^s_{f_1}}{100}$

„ „ „ „ 2 . $s_{f_2} = g_{f_2}\frac{p^s_{f_2}}{100}.$

Es ist also $S_r = \Sigma s.$

In F_r sind enthalten die Reinstoffe des Sandes und der beiden Füllstoffe, die durch Aussieben voneinander zu trennen sind; es ist also

$$F_r = f_{sd} + f_{f_1} + f_{f_2}.$$

Ferner ist

$$f_{sd} = g_{sd} - \frac{g_{sd}\, p_{sd}}{100} - \frac{g_{sd}\, p^s_{sd}}{100}$$

$$f_{f_1} = g_{f_1} - \frac{g_{f_1} p_{f_1}}{100} - \frac{g_{f_1} p^s_{f_1}}{100}$$

$$f_{f_2} = g_{f_2} - \frac{g_{f_2} p_{f_2}}{100} - \frac{g_{f_2} p^s_{f_2}}{100}.$$

Aus letzteren drei Gleichungen sind die bei der Betonherstellung aufgewendeten Gewichtsmengen an Sand und Füllstoffen zu berechnen; es ist:

$$g_{sd} = f_{sd} \frac{1}{1 - \frac{p_{sd} + p^s_{sd}}{100}} = \frac{100 \cdot f_{sd}}{100 - p_{sd} - p^s_{sd}} \quad . \ . \ (1)$$

$$g_{f_1} = f_{f_1} \frac{1}{1 - \frac{p_{f_1} + p^s_{f_1}}{100}} = \frac{100\, f_{f_1}}{100 - p_{f_1} - p^s_{f_1}} \quad . \ . \ (2)$$

$$g_{f_2} = f_{f_2} \frac{1}{1 - \frac{p_{f_2} + p^s_{f_2}}{100}} = \frac{100\, f_{f_2}}{100 - p_{f_2} - p^s_{f_2}} \quad . \ . \ (3)$$

$$\Sigma g = g_{sd} + g_{f_1} + g_{f_2} \quad \ldots \ldots \ldots \ (4)$$

Das auf Bindemittel entfallende Gewicht im fertigen Beton muß nun sein

$$G - \Sigma g = g_{bm_1} + g_{bm_2}.$$

Da die einzelnen Füllstoffursprungsgewichte nun bekannt sind, können aus ihnen die Schlämmeanteile s_{sd}, s_{f_1}, s_{f_2} berechnet werden; ferner ist $s_{bm_2} = 0$, so daß folgt:

$$s_{bm_1} = S_r - (s_{sd} + s_{f_1} + s_{f_2}).$$

Ist aber s_{bm_1} gefunden*), so ist auch g_{bm_1} sofort ermittelt; g_{bm_2} folgt dann aus:

$$g_{bm_2} = G - \Sigma g - g_{bm_1}.$$

Führt man diese Berechnungen durch, so erhält man folgendes:

$$s_{sd} = \frac{f_{sd} \cdot p^s_{sd}}{100 - p_{sd} - p^s_{sd}} = g_{sd} \frac{p^s_{sd}}{100} \quad \ldots \ (5)$$

$$s_{F_1} = \frac{f_{f_1} \cdot p^s_{f_1}}{100 - p_{f_1} - p^s_{f_1}} = g_{f_1} \frac{p^s_{f_1}}{100} \quad \ldots \ (6)$$

$$s_{F_2} = \frac{f_{f_2} \cdot p^s_{f_2}}{100 - p_{f_2} - p^s_{f_2}} = g_{f_2} \frac{p^s_{f_2}}{100} \quad \ldots \ (7)$$

$$g_{bm_1} = \frac{100\, s_{bm_1}}{100 - p_{bm_1}} =$$

$$g_{bm_1} = \frac{100\,[S_r - (s_{sd} + s_{f_1} + s_{f_2})]}{100 - p_{bm_1}} \quad \ldots \ (8)$$

$$g_{bm_2} = G - \Sigma g - g_{bm_1} \quad \ldots \ldots \ (9)$$

Bezeichnet man nun das Mischungsverhältnis nach Gewichtsteilen mit

$$m_1 : m_2 : m_{sd} : m_{f_1} : m_{f_2},$$

so ist es:

$$g_{bm_1} : g_{bm_2} : g_{sd} : g_{f_1} : g_{f_2},$$

worin jedoch noch die Bindemittelanteile in erhärtetem Zustand angegeben sind; rechnet man sie in lose Stoffe um, so wird das Verhältnis in Gewichtsteilen:

$$\frac{g_{bm_1} \cdot \gamma^l_{bm_1}}{a_1\, \gamma^h_{bm_1}} : \frac{g_{bm_2} \cdot \gamma^l_{bm_2}}{a_2\, \gamma^h_{bm_2}} : g_{sd} : g_{f_1} : g_{f_2} \quad \ldots \ (10)$$

*) Die Bindemittelmenge kann auch aus s_{bm_1} gefunden werden, wenn bei der Voruntersuchung der Wert α bestimmt worden war.

In Raumteilen angegeben und unter der Annahme, daß die Füllstoffe trocken sind, lautet das Mischungsverhältnis:

$$\frac{g_{bm_1}}{a_1\, \gamma^h_{bm_1}} : \frac{g_{bm_2}}{a_2\, \gamma^h_{bm_2}} : \frac{g_{sd}}{\gamma_{sd}} : \frac{g_{f_1}}{\gamma_{f_1}} : \frac{g_{f_2}}{\gamma_{f_2}} \quad \ldots \ (11)$$

Würden die Füllstoffe feucht verwendet, und zwar mit w vH. Wassergehalt, so ergibt sich das Mischungsverhältnis zu:

$$\frac{g_{bm_1}}{a_1\, \gamma^h_{bm_1}} : \frac{g_{bm_2}}{a_2\, \gamma^h_{bm_2}} : \frac{g_{sd}\left(1 + \frac{w_{sd}}{100}\right)}{\gamma_{sd} + \frac{w_{sd}}{100}} : \frac{g_{f_1}\left(1 + \frac{w_{f_1}}{100}\right)}{\gamma_{f_1} + \frac{w_{f_1}}{100}} : \frac{g_{f_2}\left(1 + \frac{w_{f_2}}{100}\right)}{\gamma_{f_2} + \frac{w_{f_2}}{100}} \quad (12)$$

VII. Beispiele.

Die folgenden Beispiele entstammen sämtlich der Wirklichkeit, und es hat sich stets eine durchaus genügende, zumeist sogar ganz vorzügliche Übereinstimmung der Rechnungsergebnisse mit der Wirklichkeit erwiesen.

1. Beispiel. Nachprüfung des in Abschnitt IV behandelten Beispiels mittels der in Abschnitt VI entwickelten Formeln. (Das Beispiel entspricht Aufgabe 17a.)

Es ist gegeben:

$G = 2678$ g	$p^s_{ks} = 5{,}7$ vH.
$\gamma^l_{bm} = 1{,}2$	$p_{ks} = 0{,}6$ vH.
$\alpha = 3{,}13 \cdot 1{,}2 = 3{,}756$	$S_r = 269{,}6$ g
$\gamma_{ks} = 1{,}75$	$f_{ks} = 1790$ g

Die Rechnung ist nun folgende:

nach Formel 1, 2, 3

$$g_{ks} = f_{ks} \frac{1}{1 - \frac{p_{ks} + p^s_{ks}}{100}} = \frac{1790}{1 - \frac{0{,}6 + 5{,}7}{100}} = 1910 \text{ g},$$

nach Formel 5, 6, 7

$$s_{ks} = \frac{f_{ks} \cdot p^s_{ks}}{100 - p_{ks} - p^s_{ks}} = \frac{1790 \cdot 5{,}7}{100 - 0{,}6 - 5{,}7} = 108{,}9 \text{ g},$$

$$s_{bm} = S_r - s_{ks} = 269{,}6 - 108{,}9 = 160{,}7 \text{ g},$$

Bindemittelgewichtsmenge daher

$$\frac{\gamma^l_{bm}}{a \cdot \gamma^h_{bm}} \cdot g_{bm} = s_{bm} \cdot \alpha = 160{,}7 \cdot 3{,}756 = 603{,}6 \text{ g}.$$

Das Mischungsverhältnis nach Raumteilen also:

$$\frac{603{,}6}{1{,}2} : \frac{1910}{1{,}75} = 1 : \frac{1910 \cdot 1{,}2}{1{,}75 \cdot 603{,}6} = \mathbf{1 : 2{,}18}.$$

2. Beispiel. Es ist ein Stück Granitschotterbeton (Zementbeton) von 4850 g Gewicht vorgelegt; bekannt ist folgendes:

$G = 4850$ g	$p_{bm} = 90{,}2$
$\gamma^l_{bm} = 1{,}28$	$p^s_{sd} = 3{,}5$ vH.
$\gamma^h_{bm} = 1{,}82$	$p^s_s = 0$
$a = 0{,}87$	$p_{sd} = 0{,}4$
$\gamma_{sd} = 1{,}76$	$p_s = 0$
$\gamma_s = 1{,}65$	$f_{sd} = 1087$ g
$w_{sd} = 5$ vH.	$f_s = 2794$ g
$w_s = 2$ vH.	$S_r = 130$ g

Die Aufgabe entspricht Nr. 17b der Zusammenstellung.

Lösung:

Formel 1) $g_{sd} = \dfrac{1087}{1 - \dfrac{0{,}4 + 3{,}5}{100}} = 1131$ g

2, 3) $g_s = \dfrac{2794}{1 - \dfrac{0 + 0}{100}} = 2794$ g

$$\Sigma g = 1131 + 2794 = 3925 \text{ g}$$

Formel 5) $s_{sd} = \frac{1087 \cdot 3,5}{100 - 0,4 - 3,5} = 11,31 \cdot 3,5 = 39,6$ g.

„ 6) $s_s = \frac{2794 \cdot 0}{100 - 0 - 0} = 0,$

$s_{bm} = 130 - 39,6 = 90,4$ g,

$g_{bm} = \frac{100 \cdot 90,4}{100 - 90,2} = 922,5$ g.

(Probe: $G = \Sigma g + g_{bm} = 3925 + 922,5 = 4847,5$ g;
statt 4850 g.)

Mischungsverhältnis nach Raumteilen bei feuchtem Sand und Schotter.

$$1:m:n = 1 : \frac{g_{sd}\left(1+\frac{w_{sd}}{100}\right) a \cdot \gamma^h_{bm}}{\left(\gamma_{sd}+\frac{w_{sd}}{100}\right) g_{bm}} : \frac{g_s\left(1+\frac{w_s}{100}\right) a \gamma^h_{bm}}{\left(\gamma_s+\frac{w_s}{100}\right)\cdot g_{bm}}$$

oder

$$1:m:n = 1 : \frac{1131 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,82}{1,81 \cdot 922,5} : \frac{2794 \cdot 1,02 \cdot 0,87 \cdot 1,82}{1,67 \cdot 922,5}$$

$1:m:n = \mathbf{1:1,12:2,92}$

(war praktisch mutmaßlich 1 : 1 : 3).

3. Beispiel. Gemäß Aufgabe 15 der Zusammenstellung sei ein Zementkalktraßmörtel vorgelegt, der mit Normensand hergestellt wurde, so daß es möglich ist, den unlöslichen und nicht abschlämmbaren feinsandartigen Traßrückstand abzusieben.

Bekannt sind folgende Werte:

Zement	Kalk (Staubkalk)	Traß	Normensand
$\gamma^l_{bmz} = 1,30$	$\gamma^l_{bmk} = 0,88$	$\gamma_{tr} = 0,95$	$\gamma_{sd} = 1,5$
$\gamma^h_{bmz} = 1,65$	$\gamma^h_{bmk} = 1,50$	$w_{tr} = 0$	$w_{sd} = 0$
$a_z = 0,9$	$a_k = 0,75$	$p^s_{tr} = 85$ vH.	$p^s_{sd} = 0$
$p_{bmz} = 95$ vH.	$p_{bmk} = 100$	$p_{tr} = 0,6$ „	$p_{sd} = 0$

Versuchsstück $G = 4870$ g,
Rückstand $Sr = 641,4$ g,
$g_{sd} = f_{sd} = 3007,5$ g,
$f_{tr} = 103,1$ g.

Zur Lösung der Aufgabe sei vorweg bemerkt, daß einigermaßen gutstimmende Rechnungsergebnisse bei Traßbeton nur aus ziemlich frischen Betonproben erzielt werden können, weil in älteren Proben die inzwischen zufolge des Traßzusatzes und insonderheit bei Verwendung von hydraulischem Kalk gebildeten Hydrosilikate die Ergebnisse sehr unsicher machen. Da, wie schon bemerkt, bei Traßzusatz ohnehin nur utner gewissen, praktisch nicht erfüllbaren Bedingungen eine Lösung der Aufgabe möglich ist, kommt dieser wohl nur laboratoriumstechnische Bedeutung zu.

Rechnungsgang: Zu $f_{tr} = 103,1$ g sandförmigem, abgesiebtem Traßrückstand gehört nach Formel 6 eine Menge an Traßschlämme von

$$s_{tr} = \frac{103,1 \cdot 85}{100 - 0,6 - 85} = 608,8 \text{ g.}$$

Die ursprüngliche Traßmenge war — nach Formel 2, 3

$$g_{tr} = \frac{100 \cdot 103,1}{100 - 0,6 - 85} = 716 \text{ g.}$$

Da $s_{bmk} = 0$ und $s_{sd} = 0$
$s_{bmz} = Sr - s_{tr} = 641,4 - 608,6 = 32,8$ g,

daher ist

$$g_{bmz} = \frac{100 \cdot 32,8}{100 - 95} = 656 \text{ g,}$$

mithin $g_{bmk} = G - g_{sd} - g_{bmz} - g_{tr},$
$g_{bmk} = 4870 - 3007,5 - 656 - 716 = 490,5$ g.

Das Mischungsverhältnis nach Raumteilen ist nun:

Zement	Kalk	Traß	Normensand
$\frac{656}{0,9 \cdot 1,65}$:	$\frac{490.5}{0,75 \cdot 1,50}$:	$\frac{716}{0,95}$:	$\frac{3007,5}{1,50}$
rd. 442 :	436 :	754 :	2005
rd. 1 :	0,99 :	1,7 :	4,5

1:1:1¾:4½.

4. Beispiel. Gemäß Aufgabe 22c sei ein Zementkalkbeton vorgelegt, dessen Füllstoffe aus Schotter und Kiessand bestehen. Der Schotter ist porphyrisches Gestein, der Kiessand Grubenstoff; Schotter und Kiessand sind trennbar. Die Betonstoffe sind völlig gekennzeichnet und zwar durch folgende Werte:

Zement	Kalk	Schotter	Kiessand
$\gamma^l_{bmz} = 1,25$	$\gamma^l_{bmk} = 0,9$	$\gamma_s = 1,38$	$\gamma_{ks} = 1,68$
$\gamma^h_{bmz} = 1,6$	$\gamma^h_{bmk} = 1,45$	$w_s = 2$ vH.	$w_{ks} = 5$ vH.
$a_z = 0,92$	$a_k = 0,72$	$p^s_s = 0$	$p^s_{ks} = 18,8$ „
$p_{bmz} = 100$ vH.	$p_{bmk} = 91$ vH.	$p_s = 0$	$p_{ks} = 6,2$ „

Vorgelegt ein Betonstück von $G = 8100$ g; die Scheidung ergab:

$Sr = 970$ g Schlämme,
$f_{ks} = 3780$ g reinen Kiessand,
$f_s = 2070$ g „ Schotter.

Berechnung des Mischungsverhältnisses:

$$g_{ks} = \frac{100 \cdot 3780}{100 - 6,2 - 18,8} = 5040 \text{ g}$$

$$g_s = \frac{100 \cdot 2070}{100 - 0 - 0} = 2070 \text{ g}$$

$$\Sigma g = 7110 \text{ g}$$

$$s_{ks} = \frac{5040 \cdot 18,8}{100} = 947,52 \text{ g}$$

$s_s = 0.$

$8100 - 7110 = g_{bmz} + g_{bmk} = 990$ g,

$s_{bmk} = 970 - 947,52 = 22,48$ g,

$$g_{bmk} = \frac{100 \cdot 22,48}{100 - 91} = 249,8 \text{ g,}$$

$g_{bmz} = 990 - 249,8 = 740,2$ g.

Das Mischungsverhältnis nach Raumteilen:

Zement	Kalk	Schotter	Kiessand
$\frac{740,2}{0,92 \cdot 1,6}$:	$\frac{249,8}{0,72 \cdot 1,45}$:	$\frac{2070 \cdot 1,02}{1,40}$:	$\frac{5040 \cdot 1,05}{1,73}$
503 :	249 :	1507 :	3060
rd. 1 :	0,5 :	3 :	6

1:0,5:3:6.

Die behandelten Beispiele zeigen zur Genüge, wie die vorkommenden Aufgaben zu lösen sind.

In Fällen der Wirklichkeit sind die Rohstoffe oft nicht ganz scharf gekennzeichnet; es kommt vor, daß ein Wert

fehlt; nicht immer ist dann der Lösungsversuch ganz aussichtslos; des öfteren gelingt es auch dann, eine angenäherte Lösung zu erzielen, z. B. durch wiederholte Proberechnungen, bisweilen auch dadurch, daß die allgemeine Gleichung $G' = \Sigma g + g_{bm}$, die eine Prüfung des Versuchs durch die Rechnung darstellt — (vgl. Beispiel 2), — als Mittel zur Nachprüfung preisgegeben und zur Errechnung eines fehlenden Wertes benutzt wird; von der Genauigkeit der Scheidung wird es dann allerdings abhängen, ob das erhaltene Mischungsverhältnis zutrifft.

Die vorgeführten Beispiele werden auch in dieser Richtung zur Auffindung des einzuschlagenden einfachen Rechnungsganges genügen. — Es sei zum Schlusse nochmals betont, daß alle Versuche mit genügend großen Mengen vorzunehmen und daß sie mit größter Sorgfalt anzustellen sind, wenn die Ergebnisse sichere sein sollen.

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.